

**AVALUACIÓ DE LA PRESENCIA D'ORGANISMES  
ENTOMOPATÒGENS (NEMATODES I FONGS) A SÒLS  
D'AVELLANERS AMB DIFERENTS TIPUS DE PRODUCCIÓ**



**Helena Sánchez Torres**

Setembre 2008

**Tutors del projecte: Fernando García del Pino i Sergi Santamaria**



**PROJECTE FINAL DE CARRERA/ CIÈNCIES AMBIENTALS**

## ÍNDEX

### **BLOC 1. INTRODUCCIÓ**

<b>1.1 Antecedents .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2 Objectius.....</b>	<b>3</b>
1.2.1 Objectius generals.....	3
1.2.2 Objectius específics.....	3
<b>1.3 Metodologia i estructura de la memòria.....</b>	<b>3</b>

### **BLOC 2. EL MODEL DE CULTIU DE L'AVELLANA A LA SERRA DE PRADES.....6**

<b>2.1 L'avellaner.....</b>	<b>7</b>
2.1.1 Antecedents.....	7
2.1.2 Enquadernament sistemàtic i biologia floral.....	7
2.1.3 Situació al mercat mundial.....	9
2.1.4 Situació i característiques del conreu de l'avellana a les comarques de Tarragona.....	10
2.1.5 Principals plagues.....	12
<b>2.2 Agricultura i sostenibilitat.....</b>	<b>12</b>
2.2.1 Producció integrada.....	13
2.2.3 Producció Agrària ecològica (PAE).....	16
2.2.4 Ajuts a l'avellaner.....	18.

### **BLOC 3. PROTECCIÓ FITOSANITÀRIA CONTRA *Curculio nucum*.....21**

#### **3.1 *Curculio nucum*, “el diabló de l'avellaner”**

3.1.1 Orígen de la plaga i distribució geogràfica.....	21
3.1.2 Taxonomia, biologia i ecologia del insecte.....	21
3.1.3 Síntomes i danys.....	23

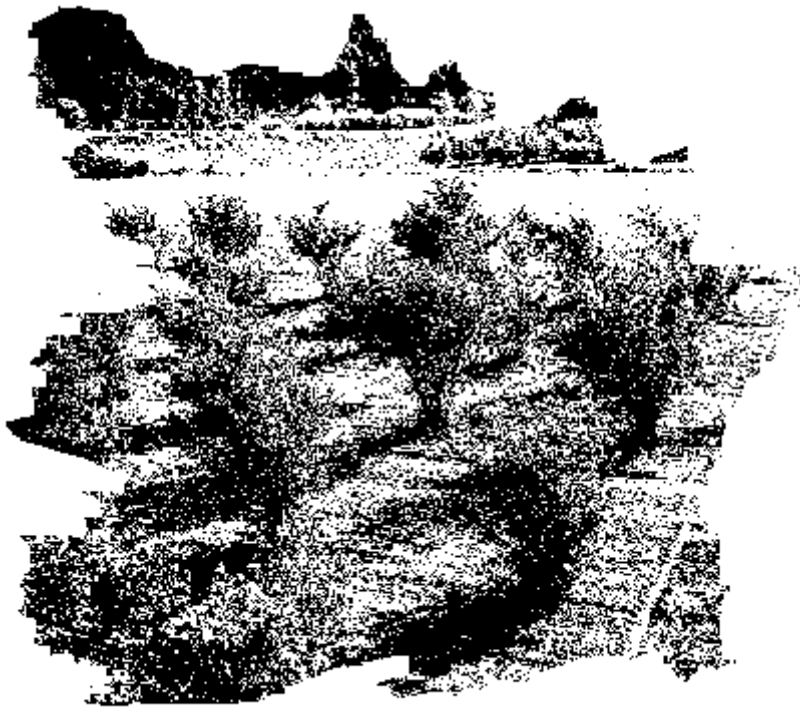
#### **3.2 Protecció fitosanitària.....25**

3.2.1 Control cultural.....	25
3.2.2 Control químic i aparició de plagues secundàries.....	25
3.2.3 Situació actual.....	27
3.2.4 Control biològic.....	27

<b>3.3 Organismes entomopatògens.....</b>	<b>29</b>
3.3.1 <i>Fongs entomopatògens.....</i>	29
3.3.2 <i>Nematodes entomopatògens.....</i>	31
3.3.3 <i>Avantatges i inconvenients de la utilització d'organismes entomopatògens contra plagues de insectes.....</i>	33
<b>BLOC 4. RECERCA D'ORGANISMES ENTOMOPATÒGENS A CAMPS D'AVELLANERS....</b>	<b>34</b>
4.1 Justificació de la recerca.....	35
4.2 Descripció de les zones de mostreig.....	35
<b>BLOC 5. MATERIALS I MÈTODES.....</b>	<b>38</b>
5.1 Mostreig.....	39
5.1.1 <i>Metodologia de mostreig.....</i>	39
5.2 Aïllament d'organismes entomopatògens.....	42
5.3 Identificació d'organismes aïllats.....	43
5.3.1 <i>Identificació de nematodes entomopatògens.....</i>	43
5.3.2 <i>Identificació de fongs entomopatògens.....</i>	43
5.3.3 <i>Conservació dels fongs entomopatògens aïllats.....</i>	43
5.3.4 <i>Reproducció i conservació de nematodes.....</i>	45
5.4 Anàlisi de les variables de l'agroecosistema.....	45
5.5 Anàlisi estadístic.....	46
<b>BLOC 6. EXPOSICIÓ DE RESULTATS.....</b>	<b>47</b>
6.1 Mostreig del sòl.....	48
6.1.1 <i>Presència d'organismes entomopatògens en funció del tipus de producció.....</i>	49
6.2 Distribució de les variables analitzades i relacions establertes amb els organismes entomopatògens trobats.....	50
6.2.1 <i>pH.....</i>	50
6.2.2 <i>Altitud.....</i>	51
6.2.3 <i>Temperatures mitjanes actuals.....</i>	52
6.2.3 <i>Dèficit hídric.....</i>	53
<b>BLOC 7. DISCUSSIÓ I CONCLUSIONS.....</b>	<b>55</b>
7.1 Diversitat i característiques dels nematodes entomopatògens aïllats.....	55
7.2 Diversitat i característiques dels fongs entomopatògens aïllats.....	56

<b>7.3 Perspectives científiques i socials del control biològic.....</b>	<b>58</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>62</b>
<b>AGRAÏMENTS.....</b>	<b>67</b>
<b>ANNEX ( A part)</b>	

## BLOC 1. INTRODUCCIÓ



## BLOC 1. INTRODUCCIÓ

### 1.1 ANTECEDENTS

Els objectius del present estudi es corresponen amb la fase inicial d'un projecte d'investigació del Ministeri d'Educació i Ciència que es porta a terme al Departament de Biologia Animal, de Biologia Vegetal i d'Ecologia (BABVE) de la Universitat Autònoma de Barcelona amb col·laboració del Departament d'Agricultura, Alimentació i Acció Rural de la Generalitat de Catalunya anomenat "Control biològic del diabló de l'avellaner, *Curculio nucum* L. (Coleoptera, Curculionidae) mitjançant organismes entomopatògens (nematodes i fongs)". Aquest projecte es basa en la recerca d'organismes autòctons en els camps d'avellaners que un cop aïllats i caracteritzats puguin ser utilitzats com a insecticides biològics pel control de la plaga clau que afecta els avellaners de Catalunya, el diabló de l'avellaner (*Curculio nucum* L.). Es preveu que l'aplicació de tècniques agrícoles més respectuoses amb l'entorn adaptades a sistemes de producció integrada i ecològica podran revaloritzar l'avellana i evitar la regressió d'aquest conreu davant la forta competència que des de fa anys experimenta per part dels grans productors mundials. Al mateix temps, l'afany per trobar altres sistemes de control de plagues es deu a la creixent regulació de pesticides que des de fa uns anys ha estat deixant fora de mercat molts productes fitosanitaris àmpliament utilitzats fins al moment.

La proposta d'iniciar el projecte fou al febrer del 2007, període en el que s'havia de programar el calendari de recollida de mostres, aprofitant que de març a principis de juliol eren les èpoques idònies per tal de realitzar el mostreig, tot i coincidir amb el període de màxima activitat microbiològica del sòl. Posteriorment es veié convenient ampliar l'àrea de mostreig a la que inicialment s'havia programat, duent a terme dues fases més en períodes i localitats ben diferents, per tal de contrastar els resultats obtinguts a la primera fase, concretament al novembre de 2007 i al maig del 2008.

La realització d'aquest projecte de final de carrera de Ciències Ambientals s'emmarca en el interès que l'autora té en el tema proposat, i malgrat que el tractament de dades no començarà fins el gener del 2008, les condicions que requereixen el mostreig obligaren a desenvolupar dues de les seves fases i aïllament en el període esmentat per tal d'obtenir suficients dades per dur a terme el projecte.

## **1.2 OBJECTIUS**

### ***1.2.1 Objectius generals***

- Determinar la nematofauna i els fongs entomopatògens existent als camps d'avellaners de Catalunya, especialment en l'àmbit de les Muntanyes de Prades.
- Determinar quins organismes entomopatògens són presents en cadascun dels sistemes de producció de l'avellana.
- Determinar quina influència té l'hàbitat (conreat o silvestre) i el tipus de producció segons sigui integrada, convencional o ecològica en la presència d'organismes entomopatògens.

### ***1.2.2 Objectius específics***

- Determinar quines són les característiques que difereixen en cadascun dels sistemes de producció del cultiu de l'avellana.
- Estimar quines són les variables (ambientals o agroecològiques) que afavoreixen i limiten l'aparició d'organismes entomopatògens i microfauna del sòl en els diferents hàbitats i sistemes de producció.
- Estimar el potencial d'aquests organismes per al control biològic, comparant-ho amb experiències d'altres autors.

## **1.3 METODOLOGIA I ESTRUCTURA DE LA MEMÒRIA**

En aquest apartat es recullen els passos seguits en l'elaboració del projecte i els principals apartats que configuren el nucli de l'estudi (figura 1).

Com s'ha esmentat anteriorment, el plantejament del projecte de final de carrera i les bases de l'objectiu general han estat orientades pel Departament de Biologia Animal, de Biologia Vegetal i d'Ecologia de la UAB, ja que part dels resultats i conclusions del treball formaran part d'un estudi més ampli que es realitzarà en anys successius.

El principal pas fou la recerca bibliogràfica, així com l'experiència que el mateix Departament té en temes relacionats, com l'estudi i l'aplicació de nematodes entomopatògens pel control biològic de diverses plagues en conreus.

Aquesta recerca documental va permetre estructurar els objectius específics i determinar la metodologia que caldria emprar per a la realització del projecte.

Els tres punts forts que caldria desenvolupar consistiren en (1) la recerca d'informació específica de sistemes de producció en el cultiu de l'avellana, la situació del control biològic i la plaga en concret a estudi, (2) una fase de mostreig i el posterior aïllament

d'organismes de les mostres extretes al camp seguit per la determinació dels organismes en funció de les diverses variables estudiades (3). El primer àmbit consta de fonaments teòrics amb un ampli contingut legal procedent de fonts externes com el Servei de Sanitat Vegetal del Departament d'Agricultura i de diferents associacions de defensa vegetal mentre que els dos darrers consten d'una àmplia recerca d'experiències semblants d'altres autors i de personal investigador per tal de determinar la metodologia a seguir tant per la metodologia d'extracció de les mostres com pel posterior aïllament.



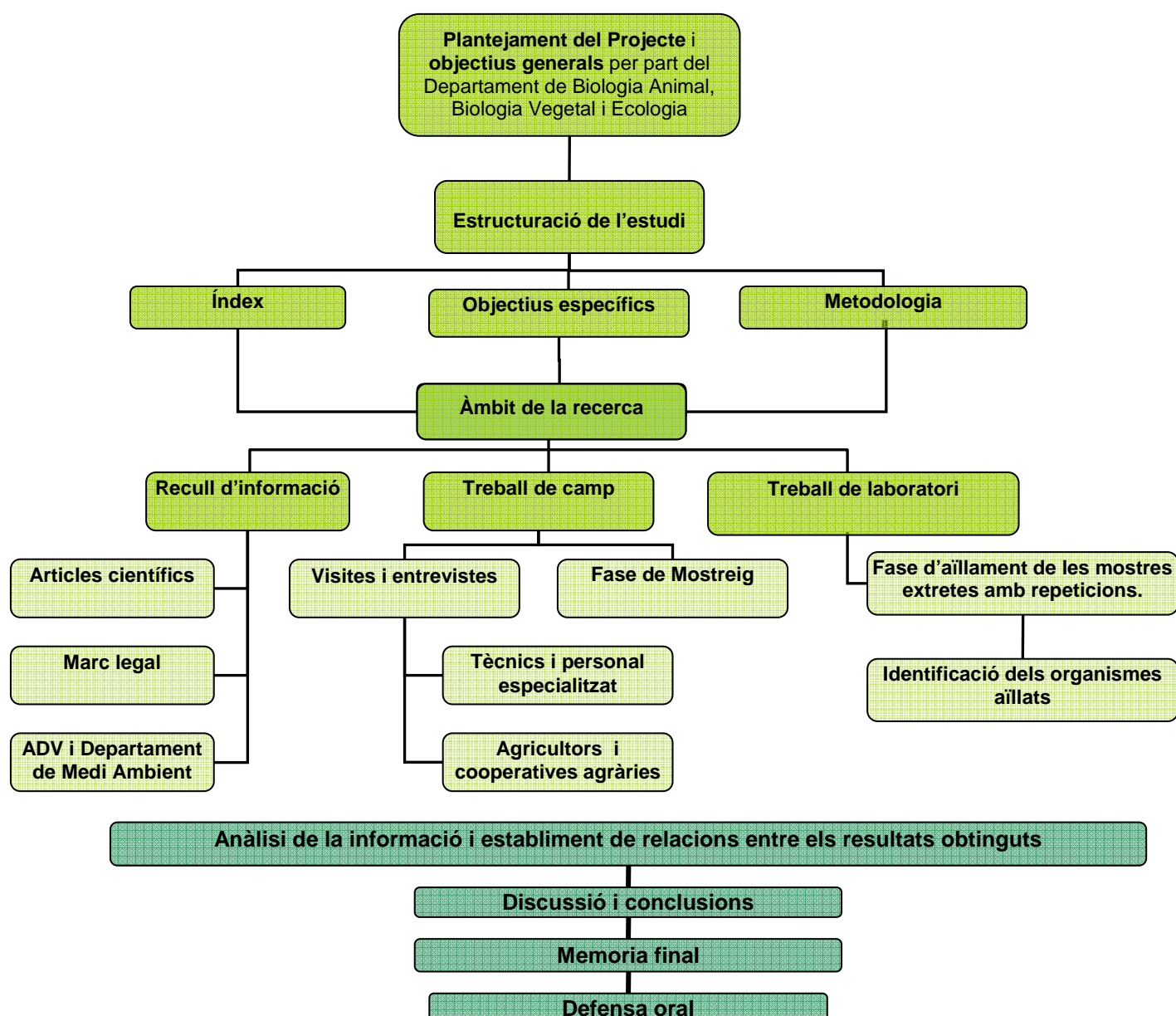


Figura 1. Organigrama de la metodologia utilitzat en la realització del projecte; Font. Elaboració pròpia.

## **BLOC 2. EL MODEL DE CULTIU DE L'AVELLANA A LES COMARQUES DE TARRAGONA**



## BLOC 2. EL MODEL DE CULTIU DE L'AVELLANA A LES COMARQUES DE TARRAGONA

### 2.1 L'AVELLANER

#### 2.1.1 Antecedents

El conreu de l'avellana és un dels més antics coneguts pels humans i una de les principals espècies arbòries que han colonitzat la terra emergida després de l'última glaciació.

Hi ha constància de la presència dels seus fruits des de el 60 AD on Plini va manifestar "avellanes, un tipus de nou anomenada a partir d'ara Abillinae, de l'origen natiu", marcant la procedència a la Regió del Mar Negre i del Regne del Pont (Ilatí *Pontus*) al nord-est d'Anatolia i a Grècia. A Gran Bretanya, el pol·len, fusta i fruits dels avellaners han estat identificats freqüentment a dipòsits postglacials (AliNiasee, M. T., 1998).

L'arbust es troba extensament distribuït al llarg d'Europa, Oest d'Àsia, Nord d'Àfrica i la regió del Cauques. Tot i que algunes espècies són natives de l'oest d'Estats Units i Canadà (com *Corylus cornuta* i *Corylus californica*), l'avellaner cultivat, *Corylus avellana*, va ser introduït des de Europa a la costa Oest d'Estats Units a finals del segle XIX (Tombesi, 1991).

#### 2.1.2 Enquadrament sistemàtic i biologia floral

L'avellaner pertany a l'ordre de les fagals, a la família de les betulàcies i al gènere *Corylus* que comprèn 25 espècies de les quals les més importants són : *C. avellana* L. (avellana comuna), *C. maxima* Miller (avellana gegant), *C. colurna* L. (avellana turca) i *C. pontica*.

Regne	Plantae
Divisió	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Fagales
Família	Betulaceae
Gènere	<i>Corylus</i>

El nom de *Corylus* deriva del grec "corus" = nou petita, mentre que el de l'espècie *avellana*, té origen amb l'àrea geogràfica de més conreu, Avellino a Italia i Abella a Turquia (Tombesi, 1991).

L'avellaner és una planta monoica, on al mateix arbre s'hi troben les flors masculines i femenines agrupades en inflorescències separades. Les masculines s'anomenen aments ("cordó") i les femenines glomèruls ("safrà"). La inducció floral es produeix als mesos de maig per les masculines i juny-juliol per les femenines, en relació amb les substàncies hormonals elaborades per les fulles. La floració esdevé al hivern següent on perquè aquests òrgans puguin de nou evolucionar i s'iniciï la floració cal un període

de fred. Aquestes necessitats tèrmiques oscil·len entre 360-600 hores de fred (temperatures inferiors a 7°C) per a les flors masculines i entre 600-800 hores de fred per a les femenines.

La formació dels grans de pol·len té lloc a l'agost, la segona quinzena d'aquest mes ja es poden veure dins dels estams (depenent de condicions climàtiques i varietat) i la pol·linització té lloc al hivern període on l'avellaner està perfectament adaptat a les condicions climàtiques per realitzar-la degut a la gran resistència al fred de les flors (els danys de les flors femenines comencen entre els -7 o -8°C i poden ser importants de -13 a -16°C; les flors masculines o aments poden suportar fins a -16°C quan es troben en desenvolupament i fins a -7°C en plena floració), la gran superfície estigmàtica de les flors femenines (capacitat de rebre molt de pol·len), el temps de receptivitat (pràcticament un mes) i la gran quantitat de grans de pol·len.

També determinades condicions ambientals afavoreixen una bona pol·linització: el vent freqüent a l'època d'antesi, ja que es tracta d'una espècie anemòfila, és a dir, que el transport del pol·len es fa exclusivament per mitjà de l'aire. També es veu beneficiat per la inexistència de boires i pluges, el temps sec i dies serens a temperatures suaus després de la pol·linització.

Al principi (en les 3-5 setmanes després de la fecundació), l'evolució de l'embrió és molt lenta. Durant aquest període, que s'acaba a finals de juny o primers de juliol, es produeix el creixement del fruit i la lignificació de la closca. Serà després que l'embrió evolucionarà ràpidament i arribarà al seu volum definitiu en dues o tres setmanes entre mitjans de juliol principis d'agost, depenent de la varietat.

Una característica important de l'avellaner és que és una espècie autoincompatible, existint fenòmens d'intercompatibilitat varietal. L'existència de pol·linitzadors en les plantacions d'avellaners és important, ja que s'ha demostrat que la manca d'aquests pot donar lloc a baixes produccions, alternança de collites, etc.. recomanant com a mínim dues varietats pol·linitzadores a l'hora de dissenyar les plantacions en un percentatge que varia entre el 10 i 15% de la superfície de la plantació (Tous, 1991).

La principal característica del sistema radicular és la seva superficialitat, concentrant la majoria d'arrels a no més de 50 cm de profunditat i estenent-se a una superfície d'aproximadament el doble del diàmetre que ocupa la soca de l'arbre.

Com s'ha esmentat anteriorment, l'avellaner té un període de latència dins el seu cicle anual. Per poder sortir d'aquest període i iniciar una nova brotada, necessita una determinada quantitat de fred hivernal amb el qual restaura la capacitat dels borrons a créixer un altre cop.

Aquesta quantitat de fred s'expressa com el nombre d'hores hivernals per sota de 7°C.

En general es considera que l'avellaner té unes necessitats de 840 a 1300 hores de fred per als borrons vegetatius i mixtos, i de 300 a 600 hores per a les inflorescències masculines. Cal tenir present que si les necessitats no es cobreixen es produeix una caiguda de borrons.

L'avellaner és una espècie no gaire exigent en el subministrament d'aigua, però amb unes exigències molt importants quant a requeriments mínims, de tal manera que cal estar segurs que al llarg de tot el cicle vegetatiu anual (març – novembre) no està sotmès a un estrès hídric significatiu.

Per analitzar els moments crítics de reg en el conreu de l'avellaner dividim el seu cicle anual en tres etapes ben característiques:

- Creixement vegetatiu (abril – maig - juny). Durant aquests mesos hi ha la major part del creixement vegetatiu de les plantacions adultes, factor que incideix en la capacitat productiva de l'avellaner l'any següent; per tant, és important que durant aquesta època l'avellaner pugui gaudir de suficient aigua (el creixement vegetatiu és molt sensible a la falta d'aigua). D'altra banda, durant aquest període es forma la closca de l'avellana (procés de creixement i per tant igualment sensible).
- Omplir el fruit (matèria seca) (juliol - agost). Aquest procés requereix tot un seguit de productes assimilats que provenen de la fotosíntesi, el qual és un paràmetre menys sensible a la falta d'aigua, tot i que en casos extrems també se'n ressent.
- Acumulació de reserves (setembre - novembre). L'arbre acumula reserves que seran necessàries per a la brotada i floració de la campanya següent.

Un calendari de reg basat en aquesta estratègia de reduir el reg de l'estiu i ajudar les èpoques plujoses de maig i octubre amb aportacions addicionals de reg, pot estalviar molt aigua si es compara amb el mètode de subministrament de quantitats màximes, a la vegada que, probablement, pot assegurar produccions estables.

### **2.1.3 Situació al mercat mundial**

La producció mitjana mundial d'avellana en el període 2004-2005 , es situa al voltant de les 700.000 tones en closca. Aquesta s'obté principalment de 4 països: Turquia (70 %), Itàlia (20%), EEUU (6%) i Espanya (4%) (DAR, 2008).

Altres països amb una producció més baixa que es destina normalment al consum propi són: Grècia, França, Portugal, Països de l'antiga Unió Soviètica, Croàcia, i Iran, entre d'altres.

Espanya ocupa el quart lloc entre els països productors d'avellana, on un 97% es situa a Catalunya amb més de 18.000 ha (2006), centrades principalment a les províncies

de Tarragona (17,201 ha), Girona (850 ha), Barcelona (121 ha) i Castelló (1.293ha). (DAR 2008)

En el període 1997- 2006, l'evolució de la superfície d'avellana ha patit certes fluctuacions en part motivades per les diverses ajudes externes en el sector, oscil·lant entre les 18.000 i 20.000 hectàrees dedicades al conreu de l'avellana (figura 2)

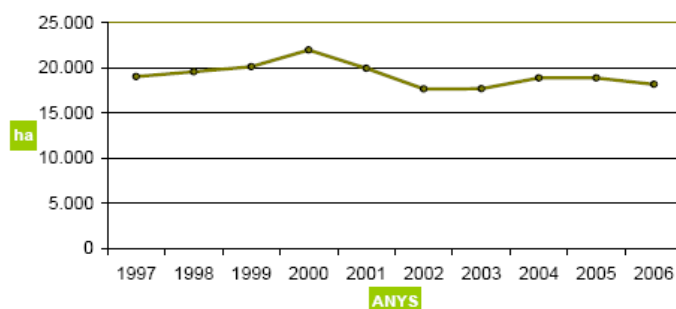


Figura 2: Evolució de les superfícies dedicades a la producció d'avellana a Catalunya.  
Font: Modificació del DAR (2008).

#### **2.1.4 Situació i característiques del conreu de l'avellana a les comarques de Tarragona**

Aquest conreu es va introduir a finals del segle XIX per suplir el conreu de la vinya que va ser destruït en part per la fil·loxera.

Actualment, la província de Tarragona centralitza el 95% del comerç d'exportació i el 85% de la producció nacional de l'avellana, on la major part de l'activitat comercial es realitza a la Llotja de Reus i les empreses ubicades a la zona. Per la promoció del consum intern i fomentar la qualitat del producte obtingut, l'any 1991, el govern de la Generalitat de Catalunya va aprovar la Denominació d'Origen "Avellana de Reus".

Hi ha un seguit de característiques agroecològiques i ambientals que diferencien el conreu de Catalunya, concretament de Tarragona amb altres zones de conreu de l'espècie com Turquia, Itàlia o EUA. Factors com l'escassa pluviometria (450-500mm) de les principals superfícies dedicades al conreu d'avellana, que no cobreixen les necessitats de l'avellaner, considerades en més de 1000 mm; estius força calorosos (temperatures de fins 35°C), sòls calcaris que sovint requereixen l'aportació de quelats de ferro. Per tant, el conreu de l'avellaner a Tarragona es troba fora de la seva ecologia més idònia, motiu pel qual és necessari el suport del regadiu. Malgrat que algunes varietats d'avellaner es conreen des de fa molts anys als secans de Tarragona, cal tenir present que no arriben a aconseguir una capacitat de producció elevada, la qual cosa repercuteix sobre els costos de producció i redueix la competitivitat de les explotacions. En conseqüència, cal preveure la utilització d'un

sistema de reg que permeti mantenir els avellaners en un bon estadi vegetatiu per assegurar unes produccions acceptables i constants.

D'altra banda, les pluges torrencials que es produeixen durant el mes de setembre i octubre poden provocar l'arrossegament de les avellanes que es troben a terra. Per això, en els terrenys que tinguin aquest perill, sempre que sigui possible, convé realitzar una adequada preparació de la parcel·la i els voltants, per tal d'evitar els efectes de les revingudes de les aigües de pluja.

A la zona del camp de Tarragona hi són molt freqüents els terrenys calcaris, manifestant símptomes coneguts com clorosi fèrrica induïda, sent una de les múltiples causes la deficiència de clorofil·la lligada a una manca de ferro (el important contingut de carbonats dels terrenys bloqueja i dificulta l'absorció de ferro). Les mitjanes de carbonat de calci de les comarques, oscil·len entre el 17 i el 50 %, mentre que la presència de calç activa es troba entre el 3 i el 14% (Tous, 1991).

Per altra banda, les plantacions situades en secà de fort pendent, zones de muntanya del Priorat i de Terra Alta on la dificultat de mecanitzar el conreu i la manca d'aigua fa que tinguin baixos rendiments productius, estan patint una regressió de personal agrícola, abandonant les parcel·les. Per altra banda, cal tenir en compte que les noves plantacions requereixen un terreny mecanitzable, fèrtil, poc calcari i també, considerar l'existència de suficient aigua de reg a un cost raonable.

Una de les principals característiques d'aquest conreu és la baixa extensió que ocupen les explotacions d'avellaner (1 a 5 ha) i de caràcter predominantment familiar. Aquestes superfícies dificulten l'amortització i l'adquisició de la maquinària emprada en el conreu. Cal destacar, també, un envelliment dels agricultors (voltant dels 50 anys) que viuen d'aquest conreu i cada cop és més freqüent en aquest sector la pràctica de l'agricultura a "temps parcial" per una gran majoria de pagesos.

La producció està basada en varietats de calibre petit - mitjà per a destí industrial on la varietat principal és la "negret" amb una representació del 78% de la superfície total que té unes característiques de gra força interessant, però amb greus problemes agronòmics com és una gran sensibilitat a terrenys calcaris i compactes, traduint-se en un escàs vigor i consegüentment en una tardança a arribar a la màxima capacitat productiva en una plantació.

Les plantacions tradicionals, formades en mata estan envellides i, moltes d'elles es troben en fase decreixent de producció. La tecnologia del cultiu és molt diversa, baixa i intermèdia en secà i amb pràctiques culturals més modernes a les de regadiu, encara que no gaire generalitzades. Les collites mitjanes per hectàrea són baixes i alternants, tan en secà (500 kg/ha) com en regadiu (1000 a 1500 kg/ha), en funció de les

condicions del conreu. Existeixen, però, algunes plantacions en regadiu de molt alta productivitat (2500-3500 kg/ha). Els costos de producció són elevats (alts preus de l'aigua de reg, mà d'obra, preu de la terra, quelats de ferro, entre altres) i els requeriments de mà d'obra a les plantacions oscil·len entre 130-140 hores/any per ha (Tous et al., 1994).

### **2.1.5 Principals plagues**

Els insectes i les plagues són el major detriment per la producció d'avellana a tot el món (AliNiazee, 1977; Manusev, et al., 1972; Tuncer et al., 1997). Els tipus de plagues i la importància varien segons l'àrea i d'any en any. En general, són els agents causals d'aproximadament el 20% de la collita (Piskornik, 1992; Pavlenko, 1985) malgrat l'elevat capital destinat al control químic.

A Nord Amèrica, la plaga més perjudicial corresponia a insectes nadius de la zona que parasitaven els nous conreus introduïts, mentre que les plagues foranies associades al nou cultiu passaven a ser secundàries (AliNiazee, 1983).

S'han comptabilitzat 150 plagues d'insectes i plagues des de Turquia a Europa (Ísik et al., 1987; Tuncer et al., 1997) i 50 a Nord Amèrica (Dohanian, 1944) i la severitat d'alguns és fàcil de predir mentre que altres són impredecibles, podent assolir nivells de població alarmants ràpidament. Els principals danys a *Corylus avellana* són atribuïbles als següents grups de insectes, als lepidòpters on el capdavanter és *Zeuzera pyrina* seguit per *Archips* sp., als homòpters on destaquen els pugons (*Myzocallis corylii*, *Corylobium avellanae* i *Eulecanium coryli*) i als coleòpters, incloent entre aquests últims els curculiònids, cerambícids i escolítids (AliNiazee, 1981; Nicita, 1986; Özman, 1997). Tot i així, el diabló *Curculio nucum* (= *Balaninus nucum*) (Coleoptera, Curculionidae) és el causant del 30-40% de pèrdues de camp si no és controlat mitjançant agents plaguicides (Pucci, 1992).

Malalties causades per fongs també són presents principalment *Cytospora corylicola*, *Cryptosporiopsis coryli*, *Phyllactinia guttata*, *Sphaceloma coryli*.

## **2.2 AGRICULTURA I SOSTENIBILITAT**

Es fa especial èmfasi en el concepte de sostenibilitat en l'agricultura com l'equilibri harmònic entre desenvolupament agrari i els diferents components que integren l'agroecosistema, basant-se en l'adequat ús dels recursos locals disponibles per tal de dur a terme una agricultura que sigui econòmicament viable, sense excloure recursos externs que puguin utilitzar-se com un complement a l'ús local. És per tant, un model alternatiu al de l'agricultura convencional.



### 2.2.1 Producció integrada

La producció integrada té origen al 1976 quan uns membres de l'Organització Internacional de Control Biològic<sup>1</sup> i integrada contra els animals i plantes nocives, es van reunir a Ovrannaz (Suïssa) amb la finalitat d'establir les bases de la nova concepció de producció agrícola de lluita integrada o control integrat de plagues, malalties i males herbes. Com a resultat d'aquesta reunió, l'any 1977 es publicà un document anomenat Declaració d'Ovrannaz<sup>2</sup>, sent el punt de referència de la Producció Integrada (P.I.) a Europa. Es va definir la P.I. com *“un sistema d'explotació agrària que produeix aliments i altres productes d'alta qualitat mitjançant l'ús de recursos naturals i mecanismes reguladors que reemplacin els pesticides i que assegurin una producció agrària sostenible”* (Coscollá, 2004).

Tant la definició com els objectius i principis van ser finalment aprovats per un panell d'experts de la OILB el 6 de març de 1992 i ratificada i posada en vigor pel comitè executiu el 16 de març de 1992. Han estat validats i reafirmats en la publicació de la OILB “Integrated Production. Principles and Technical Guidelines”, (Boller et al., 1999). Els principals objectius recollits en diverses publicacions, es considera que la PI és un sistema de producció agrària que:

- Integra els recursos naturals i els mecanismes de regulació de les activitats de l'explotació agrària per minimitzar l'aport de *inputs* procedents de l'exterior de l'explotació (fertilitzants, plaguicides, combustibles).
- Assegura una producció sostenible d'aliments i altres productes d'alta qualitat mitjançant la utilització preferent de tecnologies respectuoses amb el medi ambient.
- Per avaluar la qualitat dels productes no tan sols es tenen en compte les seves característiques específiques, internes i externes sinó, que a més a més els mitjans emprats per la seva producció.
- Manté els ingressos de l'explotació agrària.
- Elimina o redueix les fonts de contaminació provocades actualment per l'agricultura.
- Manté les múltiples funcions de l'agricultura (producció, mediambiental, paisatgística, conservació de la vida silvestre, etc.).

Per això es basa en els següents principis, resumits en la taula 1.

---

<sup>1</sup> Nom actual amb el que es coneix la OILB (Organització Internacional de Lluita Biològica), organització científica no governamental de gran prestigi tècnic, integrada per persones individuals o organismes i la secció que més ha treballat en l'establiment de conceptes, principis bàsics i inclús l'aplicació de la PI.

<sup>2</sup> “Vers la production agricole intégrée par la lutte intégrée”

Taula 1: Principis en que es basa la producció integrada. Font: Elaboració pròpia a partir de Carrero, 1996).

Es minimitzen els impactes indesitjables i les externalitats negatives sobre la societat i ecosistema.
La unitat de posada en pràctica és tota l'explotació i no en parts individuals.
Es requereixen coneixements i renovacions de coneixement periòdiques sobre PI dels agricultors.
Cal mantenir agroecosistemes constants, alterant el mínim els recursos naturals per les activitats d'explotació agrària.
Els cicles de nutrients han de ser equilibrats i les pèrdues minimitzades.
La fertilitat intrínseca del sòl ha de ser conservada i augmentada, sent la fauna del sòl un dels indicadors de la fertilitat.
Es prioritzaran mesures de protecció preventives (protecció indirecta) abans de l'aplicació de control o mesures directes de protecció de plantes.
Cal mantenir i reforçar la diversitat biològica. En general la substitució dels pesticides químics per factors de regulació natural no pot aconseguir-se correctament sense una diversitat biològica adequada.
Els requisits del sistema de producció s'han d'estendre a les operacions d'emmagatzematge, processat i maneig dels productes.

Basant-se en aquests principis, el Real Decret 1201/2002 de 20 de novembre de 2002 (BOE, 30/11/2002) defineix a nivell legal a l'estat espanyol la PI com *"sistemes agrícoles d'obtenció de vegetals que utilitzen al màxim els recursos i els mecanismes de producció naturals i asseguren a llarg termini una agricultura sostenible, introduint-hi mètodes biològics i químics de control, i altres tècniques que compatibilitzin les exigències de la societat, la protecció del medi ambient i la producció del medi ambient i la productivitat agrícola, així com les operacions realitzades per la manipulació, envasat, transformació i etiquetatge de productes vegetals aollits al sistema"*.

La P.I. és per tant, un sistema de producció agrícola que sorgeix com a reacció al sistema convencional, de caràcter productivista caracteritzat per una forta presència d'inputs (adobs, plaguicides, llavors, etc.) i amb poques consideracions ecològiques, però sense arribar a l'agricultura ecològica, ja que permet la utilització d'agroquímics de síntesi, tot i que de forma restringida. Ocupa una posició intermèdia entre l'agricultura convencional i l'agricultura ecològica (figura 3). De la primera es diferencia majoritàriament en el control i traçabilitat de les produccions i de la segona en que, sota certes condicions, permet l'ús d'agroquímics de síntesi. La podríem considerar

com un model d'agricultura sostenible, segons els coneixements actuals que pretén compatibilitzar la rendibilitat de les explotacions agràries amb la mínima contaminació de l'entorn, oferint a més al consumidor aliments equilibrats i controlats amb baixos continguts en residus de plaguicides, tractant addicionalment de valoritzar per tot això les produccions agrícoles.

A l'any 2003 es va crear a Espanya la Comissió Nacional de la Producció Integrada com a organisme de coordinació i assessorament en la matèria, establint les condicions per les entitats de certificació i fomenta la creació de APRIAs (Agrupacions de Producció Integrada en Agricultura) per tal d'estimular aquest tipus de produccions. A nivell autonòmic i degut a la manca d'un marc estatal i en ús de les seves competències han desenvolupat normativa sobre PI. La primera fou Catalunya (1993), generalment Decrets de caràcter bàsic, seguit per altres disposicions (Ordres, Resolucions) que ho complementen. El contingut de les normes sobre PI ha de contenir normes de caràcter genèric i unes altres de caràcter més tècnic, específiques per a cada cultiu o producte vegetal al que es refereixen, en el cas que ens ocupa, corresponent a la Norma Tècnica per a la Producció Integrada de Fruita Seca. Les normes generals han d'establir les bases del sistema de producció i manipulació dels productes, així com els aspectes tècnics comuns, concretament:

- Definicions bàsiques i àmbit d'aplicació.
- Procediment de registre.
- Obligacions dels productors i operadors en general.
- Controls a realitzar.
- Els requisits que ha de reunir i obligacions de les entitats de control i certificació.
- El sistema d'anotacions (quaderns de camp, emmagatzematge) i traçabilitat.
- Les marques o logotip (identificador de garantia).
- Sancions aplicables en cas d'incompliments.
- Continguts dels cursos de formació i reciclatge.
- Els incentius, si n'hi ha, per tal de fomentar aquest tipus de produccions.
- Criteris tècnics generals (que s'ampliaran a les normes tècniques de cada cultiu).

Concretament, l'article 10 de la Norma Tècnica de Producció Integrada de Fruita Seca (Control Integrat de Plagues i Malalties) és el nucli central del sistema de producció on hi destaquen dos apartats, referent a les obligacions, prohibicions i recomanacions. (ANNEX 1)

Es prioritzen mètodes biològics, biotecnològics, culturals, físics i genètics abans que els mètodes químics i s'apliquen mesures indirectes de caràcter preventiu, efectuant l'aplicació de mesures directes quan els nivells de població o les condicions ambientals superin els corresponents límits i/o criteris mínims d'intervenció, i en cas de malalties quan l'estimació del risc ho indiqui.

En el cas que es requereixi una intervenció química, es podran utilitzar substàncies actives incloses a l'annex I de la Directiva 91/414/CEE, de 15 de juliol, relativa a la comercialització de productes fitosanitaris i sempre que compleixin els requisits de la producció integrada en el cultiu. En qualsevol cas, només es podran utilitzar productes fitosanitaris inscrits el Registre de Productes i de Material Fitosanitari aprovats i registrats expressament per als cultius i usos autoritzats que figuren a l'annex II de la Norma Tècnica i sota ús adequat dels productes fitosanitaris seguint les indicacions del responsable tècnic de Producció Integrada. Igualment s'ha de registrar al Quadern d'Explotació el nombre d'aplicacions de productes químics, incloent-hi la data, quantitat, substància activa quantitat i volum utilitzat on posteriorment és revisat per un tècnic responsable de Producció Integrada. També destaca la protecció de la fauna auxiliar present al cultiu, destacant les següents espècies: *Adalia bipunctata*, *Allothrombium* sp., *Chrysoperla carnea*, *Coccinella septempunctata*, *Parus major* i *P. caeruleus* (Mallarenga carbonera i Mallarenga blava) entre altres. Un altre punt important és que l'aplicador de productes fitosanitaris ha d'estar qualificat específicament amb l'acreditació del carnet del curs bàsic d'aplicador. La resta de punts de la Norma Tècnica es troben a l'ANNEX 1.

### **2.2.3 Producció agrària ecològica (PAE)**

La producció Ecològica a Espanya, a diferència de la producció integrada està recolzada per un gran nombre d'associacions i organismes públics que fan que es consideri en gran part com un moviment social on les dotacions econòmiques per impulsar aquest tipus de producció són majors que en els sistemes de producció Integrada. Tot i això les pròpies limitacions que proposa la producció i la concepció d'aquests productes en

el mercat limiten aquest tipus sistemes agraris on les superfícies dedicades al cultiu de fruits secs és inferior a les 5 hectàrees (taula 2).

Superfície	Productors	
	Nombre (productors)	% de productors
<0,5	38	20
0,5-1	18	10
1-5	74	39
5-10	38	20
>10	21	11
TOTAL	189	100

Taula 2. Distribució de productors en funció de la superfície arbrada (ha) de fruita seca ecològica de l'any 2005. Font: elaboració pròpia a partir de dades de CCPAE.

La major part de la producció ecològica es centra a la Catalunya de ponent, especialment a les comarques de les Garrigues, Segrià, Terra Alta, Ribera d'Ebre, Conca de Barberà, Alt Camp i Tarragonès on tan sols 189 agricultors inscrits a la producció ecològica són de fruita seca a Catalunya. El total de superfície inscrita (779 ha) representa un 8,8% del total conreat en producció ecològica i d'acord amb les dades obtingudes en una enquesta a productors (Vidiella, 2004) les varietats més conreades en producció ecològica coincideixen amb les que ocupen més extensió en el cultiu convencional, tractant-se majoritàriament de plantacions velles.

L'avellaner, en el context de superfícies de producció ecològica, ocupa la segona posició després del cultiu d'ametllers, amb 65 hectàrees i 21 productors inscrits (CCPAE, 2005).

IFOAM (Federació Internacional de Moviments d'Agricultura Orgànica), organització pionera creada a Versalles (França), va crear les "Normes Bàsiques de IFOAM per l'agricultura ecològica i la transformació d'aliments" normes que han servit com a document de referència a les normatives institucionals, especialment a les europees.

### 2.2.4 Ajuts a l'avellaner

Durant els darrers anys, el sector de l'avellana ha tingut el suport de la Comunitat europea i del Ministeri d'Agricultura Pesca i Alimentació (MAPA), finançant ajuts i plans de millora dels cultius per la introducció de noves tècniques en el conreu i per afrontar l'elevada competència del mercat exterior.

Cal destacar l'Ajut definitiu o Ajut per superfícies als fruits secs, promoguda per la reforma de la PAC (Política Agrària Comuna, UE) on a partir del 2004 la UE i l'estat membre van aportar un ajut anual d'aproximadament 240 €/ha per una superfície màxima garantitzada de 800.000 ha. A més l'avellana té un ajut addicional de 105€/ha. L'ajut el sol·licita l'agricultor a través de les OPFH (Organitzacions de Productors de Fruites i Verdures), el qual rep un 2% de l'ajut europeu. Els productors de fruits secs que vulguin accedir al règim d'ajuts han de respectar una densitat mínima de plantació i disposar d'una superfície d'almenys 0,20 ha, establint-se també altres requisits de caràcter agronòmic i d'ecocondicionalitat.

Els ajuts corresponents a la lluita contra l'erosió i producció integrada i ecològica es varen iniciar a l'any 2001 (figura 4). El motiu era l'establiment de contractes entre titulars d'explotacions agràries propietaris de parcel·les amb pendents superiors al 8% o terrasses i bancals. L'ajut era de 132,22 €/ha·any<sup>-1</sup> amb el qual durant cinc anys el titular es comprometia a introduir una sèrie de pràctiques agroambientals.

El compromís pels ajuts de Producció Integrada i Ecològica es van establir a cinc anys, on l'agricultor havia de ser inscrit al Consell Català de Producció Integrada o d'Agricultura Ecològica i realitzar totes les pràctiques agrícoles d'acord amb les normes establertes per cadascun dels consells. El finançament en ambdós casos va ser del 50% CE, FEOGA (Fons Europeu d'Orientació i Garantia Agrícola, 25% MAPA i 25% DARP, i les ajudes econòmiques més favorables en el cas de ser avellaners en regadiu que de secà (taula 4).

Taula 4 : Ajudes econòmiques (€/ha·any<sup>1</sup>) en funció del tipus de producció i si té o no suport de regadiu.

	Producció Integrada	Producció Ecològica
Fruiters de secà	73,92	119
Avellana regadiu	153,26	256,03

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	+++
Plans de millora de fruits secs									
Pròrroques als plans									
Ajut pont									
Ajut definitiu									
Programa Zonal-Avellana2									
Lluita contra l'erosió									
Producció Integrada / Ecològica									

Figura 4 : Principals ajudes rebudes en els darrers deu anys en el cultiu de l'avellana. Font: Modificació de DARP.

### **BLOC 3. PROTECCIÓ FITOSANITÀRIA CONTRA *Curculio nucum***





### BLOC 3. Protecció fitosanitària contra *Curculio nucum*.

#### 3.1 *Curculio nucum*, “el diabló de l'avellaner”

##### 3.1.1 *Origen de la plaga i distribució geogràfica*

El diabló de l'avellaner (*Curculio nucum*), és el paràsit més important en el cultiu de l'avellaner a Europa i Àsia, sent la plaga més destructiva dels avellaners causant danys i pèrdues importants als cultius. Tot i la importància de la plaga, estudis detallats de la seva biologia i ecologia són limitats. Degut a la presència del insecte a camps cultivats i silvestres, es considera un insecte natiu a les regions que habita, presentant certs moviments d'escala regional afavorits per animals que s'alimenten dels mateixos fruits (aus, senglars, petits rosegadors, etc.) (AliNiazee, 1998).

Segons Martin, 1949), *Curculio nucum*, conegut també per *Balaninus nucum* L., es troba a tota l'Europa temperada i septentrional, essent especialment abundant a Espanya, Itàlia i Turquia. A Espanya es coneix a Astúries, Galícia i Catalunya, principalment a les províncies de Tarragona, Girona i Barcelona.

##### 3.1.2 *Taxonomia , biologia i ecologia de Curculio nucum*

El diabló de l'avellaner (*Curculio nucum*) és un coleòpter que pertany a la família dels curculiònids. El insecte adult mesura aproximadament 6,5 mm en les femelles i una mica menys en els mascles (sense tenir en compte la llargada del rostre) i està recobert d'una espessa pubescència de color terròs (figura 5)



Figura 5: *C. nucum* adult.

Aquest insecte es caracteritza per tenir un rostre llarg, fi i arquejat. Les larves són gruixudes, corbades, de color blanquinós - grogós i estan proveïdes d'un aparell bucal mastegador de color marró.

Tot i que la biologia de *C. nucum* és encara força desconeguda, observacions fetes al camp de la província del Tarragonès indiquen que el insecte adult quan surt pels voltants del mes d'abril, comença a alimentar-se de fruits en formació com cirerers o

pomers i que posteriorment emigren a l'avellaner pels voltants del més de maig on continuen l'alimentació picant les avellanes tendres. Pels voltants de maig - juny s'inicia el període de posta on la femella, un cop fecundada, perfora l'avellana amb el seu rostre (Figura 6) i hi introdueix l'ou mitjançant l'oviscapte (Figura 7). Cada femella



Figura 6. . *C. nucum* perforant l'avellana



Figura 7. *C. nucum* introduint l'ou mitjançant l'oviscapte

pot pondre de 20 a 30 ous durant el seu cicle de vida. L'eclosió de l'ou té lloc als 5-10 dies.

La larva neonata presenta la càpsula cefàlica incolora i s'alimenten de l'avellana encara en formació tardant un mes aproximadament a completar el seu creixement.

Durant el seguiment realitzat es veu com les avellanes atacades cauen prematurament quan la larva ha arribat al seu desenvolupament complet. Sovint, agents meteorològics com la pluja o el vent poden afavorir i avançar la caiguda de les avellanes afectades.

Per sortir de l'avellana, la larva fa un forat circular amb les mandíbules (Figura 8) i un cop a l'exterior s'enterra ràpidament a una profunditat de 10-25 cm segons les característiques del terreny, on prepara un capoll de terra on hiverna i fa la nimfosi, per sortir, pels voltants del mes d'abril, transformada en adult i completant així el cicle.

Les larves poden hivernar en el sòl d'un a tres anys. Als camps de Tarragona s'ha observat que la major part d'adults surten al segon any



Figura 8. larva de *C. nucum* sortint de l'avellana

La intensitat dels seus atacs és molt irregular i la literatura al respecte fa referència que les zones més vulnerables als atacs de diabló són les situades en llocs humits i frescs és català correcte, on l'efecte del sòl sembla jugar un paper important pel seu desenvolupament.

A escala local sembla ser que la distribució de *C. nucum* està parcialment determinada per la disponibilitat de varietats susceptibles i per l'alçada en que estan plantats els arbustos. A Turquia, per exemple, els camps que es troben situats a majors alçades semblen ser més susceptibles al insecte que els que es troben a alçades inferiors, observació que contrasta amb les observacions observades a les vores del riu Francolí on les parcel·les situades en depressions del terreny es troben generalment més envaïdes per la plaga que les situades l'altiplà.

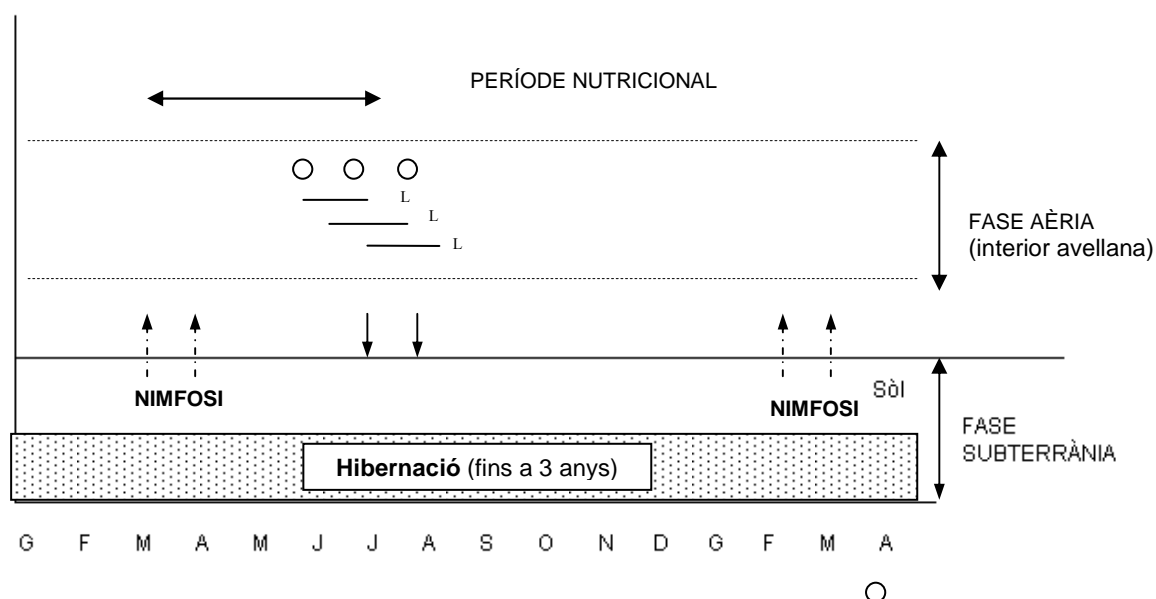


Figura 10 : Cicle biològic de *Curculio nucum*; L, representa els estadis larvaris; , el període de posta; les fletxes puntejades, l'emergència del sòl de les formes adultes després de fer la nimfosi. Font: Elaboració pròpia.

### 3.1.3 Síntomes i danys

Podem distingir dos tipus de danys a conseqüència d'aquesta plaga que en cadascun dels casos són mortals pel fruit. El primer degut a les picades alimentàries (fins a quatre) sobre els fruits embrionaris, arribant també a ferir el mànec del floc d'avellanes, pecíol i fulles. En aquest període també s'ha observat atac de *C. nucum* a arbres fruiters com nogueres, pereres, cirerers i préssecs (aliment àcid).

En segon lloc, aproximadament a la segona quinzena de juny, du a terme la picada de posta on la larva completa el seu creixement, deixant a la seva sortida del fruit un forat característic d'aproximadament 2,5 mm de diàmetre anomenat "xiulet". No tots els ous dipositats a les avellanes són viables, sinó que per causes desconegudes no arriben a desenvolupar-se i l'avellana pot arribar a madurar, de manera que no totes les incisions del segon període per facilitar l'entrada de l'ou al fruit són mortals.

L'estudi i observació del insecte, planteja que el nombre de picades a fruits que pot causar és infinit ja que l'insecte necessita alimentar-se, mentre que el nombre

d'aquelles que és capaç de donar per a fer la posta és limitat, destruint quasi tantes avellanes com ous ha de pondre. Les pèrdues ocasionades poden ser molt variables, depenent de l'any, la zona i la varietat. També cal destacar que la irregularitat dels atacs també es pot veure a l'interior de la mateixa parcel·la, amb uns arbres més atacats que altres.

## 3.2 PROTECCIÓ FITOSANITÀRIA

### 3.2.1 Control cultural

Antigament la tradició agrícola contra aquesta plaga consistia en sacsejar les branques a la matinada i recollir en borrasses les avellanes atacades i els insectes (figura 11) per després cremar-los a la foguera (Aguiló, 1925). Aquest procediment era molt car, poc útil ja que tan sols es podien aprofitar les primeres hores del dia abans que els insectes es trobessin en plena activitat. A més, el procés s'havia de repetir cada dia perquè diàriament es posen nous insectes en els arbres.

Aquestes mesures van ser substituïdes per productes a base d'arsènic i olis de quitrà, els quals marcaren el inici de la lluita química on testimonis de l'època afirmaren: "També dec dir-li que en els dos camps de demostració fins ara tan perjudicats de *balaninus*, amb el tractament tal com vostè l'aconsellà i dirigí, no hi ha un dos per cent de xiulet, mentre els altres anys era més del setanta per cent".



Figura 11: Reproducció del mètode cultural de control de *Curculio nucum*, on es sacsejaven les branques i les avellanes atacades juntament amb els insectes adults queien a les borrasses.

### 3.2.2 Control químic i aparició de plagues secundàries

L'ús d'insecticides químics és de bon tros la tàctica més important contra les plagues a l'avellaner (AliNiazee, 1997; Tuncer et al., 1996), degut a que són fàcils d'obtenir en el mercat promoguts per les empreses comercials. La història d'ús de pesticides en avellaners és relativament curta (no més de 60 anys); tot i així la varietat de pesticides utilitzats i el nombre d'aplicacions són ben extenses. A més a més el cost dels productes químics ha estat moderat pels guanys marginals dels conreus i per subsidis

governamentals (la major part a països en vies de desenvolupament) tal com assenyalava AliNiazee, (1998). El DDT va marcar el període comprès entre el 1940 i 1945 fins que va ser substituït pel sevin (Carbaril), insecticida clau contra el diabló.

Com a conseqüència de la lluita química, va aparèixer una nova plaga secundària, el Badoc (*Phytoptus avellanae*), produït per un àcar sedentari que influeix negativament sobre les gemmes vegetatives de l'avellaner.

Durant els anys seixanta, va sortir al mercat un nou producte que controlava les dues plagues (el diabló i el badoc), el thiodan (Endosulfan), seguit pel mesurol (Metiocarb) (1974-1980).

Durant els anys 1960-1970 s'institucionalitzà el calendari de tractaments i fou aleshores quan la problemàtica de les plagues secundàries va començar a sortir a la llum, encapçalada pel badoc, l'aranya roja i seguida per la problemàtica del borro sec.

Es veié que l'aplicació massiva i indiscriminada d'un altre producte anomenat azodrin (Monocrotofos) contra el diabló de l'avellaner, eliminava els ocells insectívors controladors de la *Zeuzera pyrina*, esdevenint una altra plaga.

El nombre total de químics utilitzats als avellaners s'ha mantingut decreixent al llarg del anys, degut sobretot a la incorporació de tècniques integrades de producció que efectuava un monitoratge més ajustat de la utilització de formulats químics (Calkin et al., 1984) i a la revisió de registres de plaguicides duta a terme a Estats Units, els va reduir dràsticament a 20 durant la dècada dels setanta i a menys de 10 durant el 1996, situació semblant a Turquia i est d'Europa (Ioachim et al, 1997).

Un factor que sovint té influència amb la utilització del control químic en el conreu de l'avellaner és el terreny on es desenvolupa, ja que per exemple, la major part d'avellaners a Turquia es troben a carenes de molt pendent on maquinària pesada difícilment hi té accés, realitzant aplicacions a gran escala d'insecticida (Isik et al., 1987).

La resistència a insecticides en les plagues d'Europa, Àsia i Nord Amèrica no és aparent, malgrat el fet que alguns organofosfats (clorpirifos, malation..) han estat utilitzats durant aproximadament 45 anys (el primer encara s'aplica en alguns camps de les províncies de Tarragona i Girona). El fet que hi hagi tan sols una generació per any de les principals plagues, *C. latiferreana* i *C. nucum* podria ser-ne la causa. Tot i així, la decreixent actuació de piretroides sintètics en algunes àrees poden suggerir que en certes plagues claus la resistència hi pot ser present. Per altra banda si que s'ha vist resistència en homòpters, especialment en *Myzocallis corylii* (Pugó groc) al Carbaril i a un elevat nombre de organofosfats entre altres (AliNiazee, 1983).

### 3.2.3 Situació actual

El control biològic mitjançant fauna auxiliar pel control del diabló de l'avellaner és molt limitat i la lluita química és l'únic mitjà que actualment es té per a controlar aquesta plaga, realitzant-se tractaments químics per tal d'evitar la picada d'alimentació i la de posta. El llindar de tolerància amb el qual el DARP inicia tractaments químics per combatre la picada alimentària del *Curculio nucum* es troba quan la mitjana d'individus és de 4 en 100 cops, mitjançant un mètode de "frapatge" o copeig de les branques de l'arbre sobre una superfície de 45 cm x 74 cm. Per altra banda, la protecció contra la picada de posta es du a terme en el moment en que a partir d'una dissecció de les famelles capturades es trobin ous madurs.

Generalment, aquestes observacions qualitatives es duen a terme desde el Servei de Sanitat Vegetal a les finques on anualment hi ha les majors pèrdues de collita a conseqüència de *C. nucum*, estenent l'avís d'inici i final de tractaments als agricultors.

### 3.2.4 Control biològic

El control biològic de plagues consisteix en l'ús de depredadors, paràsits, patògens, antagonistes o competidors per suprimir les poblacions de plagues, fent-les així menys abundants i conseqüentment menys perjudicials (Van Driesche i Bellows, 1996). Poden diferenciar-se tres tipus: la utilització d'entomòfags (depredadors o parasitoides), l'ús d'organismes entomopatògens, coneguts també per agents de control biològic (fongs, nematodes, bacteris i virus) i l'aplicació de productes d'origen microbià.

La utilització d'**entomòfags** consisteix en la destrucció d'insectes i àcars nocius utilitzant altres insectes o àcars que anomenem auxiliars, útils o beneficiosos, que viuen i s'alimenten d'aquells, és a dir, són enemics naturals de les plagues. Els artròpodes útils poden ser de dos tipus:

- **Depredadors**, aquells que completen el seu cicle consumint més d'una presa. No acostumen a ser específics. Els grups principals acostumen a ser neuròpters, coleòpters coccinèl·lids, etc. mentre que altres són específics.
- **Parasitoides**, completen el cicle consumint una única presa. En general són més específics. Són insectes que es desenvolupen a costa de la presa i amb la seva activitat acaben matant l'hoste; estan fixats a l'hoste (endoparàsits o ectoparàsits) tot i que en forma adulta tenen vida lliure per poder així atacar a la presa.

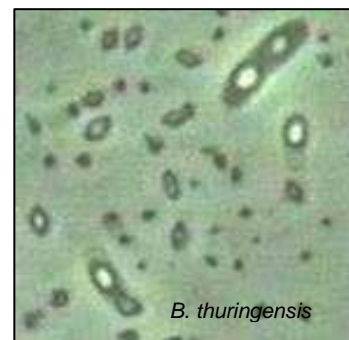


➤ L'ús d'**organismes entomopatògens** es caracteritza per l'adequada selecció, caracterització, multiplicació, preparació i formulació dels microorganismes que configuren aquest tipus de control, entre els quals destaquen fongs, bacteries, virus i nematodes. Els productes formulats a base d'aquests patògens es denominen agents de control biològic. A continuació descriurem les característiques principals de virus i bacteries, i els fongs i nematodes entomopatògens es descriuran en l'apartat següent (3.3).

- Els **virus**, que es poden aplicar pel control de insectes són els que pertanyen al grup que indueix la formació de cossos de inclusió polihèdrics (NPV= virus de la polihedrosis nuclear i CPV= virus de la polihedrosis citoplasmàtica) i en menor grau els que formen cossos de inclusió granular (GV= virus de la granulosis). Els baculovirus s'obtenen mitjançant tècniques "in vivo" a partir de insectes hoste, generalment larves de lepidòpter, requerint una formulació adequada, homogènia i resistent a la radiació ultraviolada. Un cop ingerits pel insecte diana, aquests es fixen a les microvellositats de les cèl·lules epitelials del intestí, produint la mort del insecte al cap de pocs dies.



➤ **Bacteries entomopatògenes.** *Bacillus thuringiensis* ocupa una bona posició com agent de control de plagues, sent el bioinsecticida més important utilitzat en producció integrada. Actuen per ingestió, fonamentalment sobre larves dels primers estadis i això fa que s'hagi de precisar amb molta exactitud el moment d'aplicació: el inici de la fase larvària de la plaga, ja que el insecte és més sensible i encara no ha ocasionat pèrdues en el cultiu. També són de baixa persistència degut a la inactivació amb la llum ultraviolada. Malgrat això, els avantatges que presenta al ser un producte de baixa toxicitat per l'aplicador i pel consumidor dels productes tractats, baixa perillositat per la fauna silvestre terrestre i aquícola, sense causar desequilibris biològics, contaminació ambiental o problemes de residus en el producte final. A Espanya, al 2002 hi havia 22 fórmules registrades i d'ús autoritzat contra diverses plagues sent d'especial interès en protecció integrada. Altres avantatges que es troben és que l'aplicació de *B. thuringiensis* no produeix epizooties en les plagues, a diferència d'alguns fongs o virus, ja que tan sols actua al interior de la larva, atacant el tub digestiu, però sense sortir per l'epiteli per produir contagi, a diferència de molt baculovirus que propaguen la malaltia.





En camp encara no han aparegut resistències a l'acció dels biopreparats de la bactèria, tot i que si que en podrien aparèixer degut a que els insectes tenen capacitat de desenvolupar resistències davant aquestes toxines.

### 3.3 ORGANISMES ENTOMOPATÒGENS

#### 3.3.1 *Fongs entomopatògens*

L'existència de malalties fúngiques mortals de manera natural en poblacions d'insectes es coneix des de la invenció del microscopi òptic, però no fou fins al 1834 quan Agostino Maria Bassi, descobrí que es podia transmetre un fong d'un insecte infectat a un de sà mitjançant el contacte d'una agulla impregnada amb el fong, sorgint la idea de la possible utilització d'aquests microorganismes per la lluita contra plagues.

Una de les principals característiques és que actuen per contacte, infectant als hostes a través de la cutícula externa, sent particularment interessants per al control de plagues d'insectes amb aparell bucal picador – xuclador.

La seva forma d'actuació és la següent (esquematzada a la figura 12): després que les espores s'adhereixin al tegument del insecte, germinen en condicions adequades d'humitat i temperatura, penetrant cap el interior del cos del insecte, envaint els seus teixits i òrgans, i normalment produint toxines que causen la paràlisi i mort del insecte. Aquest, un cop mort, queda amb un aspecte momificat, seguidament el fong es manifesta creixent cap a l'exterior i, en condicions favorables, produint l'esporelació, mitjançant conidis que actuaran com a agents de dispersió i iniciaran el nou cicle sobre altres insectes al ser escampats pel vent, pluja, etc.

Són d'acció més lenta que els plaguicides químics convencionals, ja que la mort no és immediata sinó que es produeix aproximadament 7 o 10 dies després de la inoculació.

Les espècies amb major nombre de formulacions desenvolupades són *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. 1912 principal producte registrat i comercialitzat, seguit per *Metarhizium anisopliae* (Figura 13), *Paecilomyces fumosoroseus* i *Lecanicillium* sp.

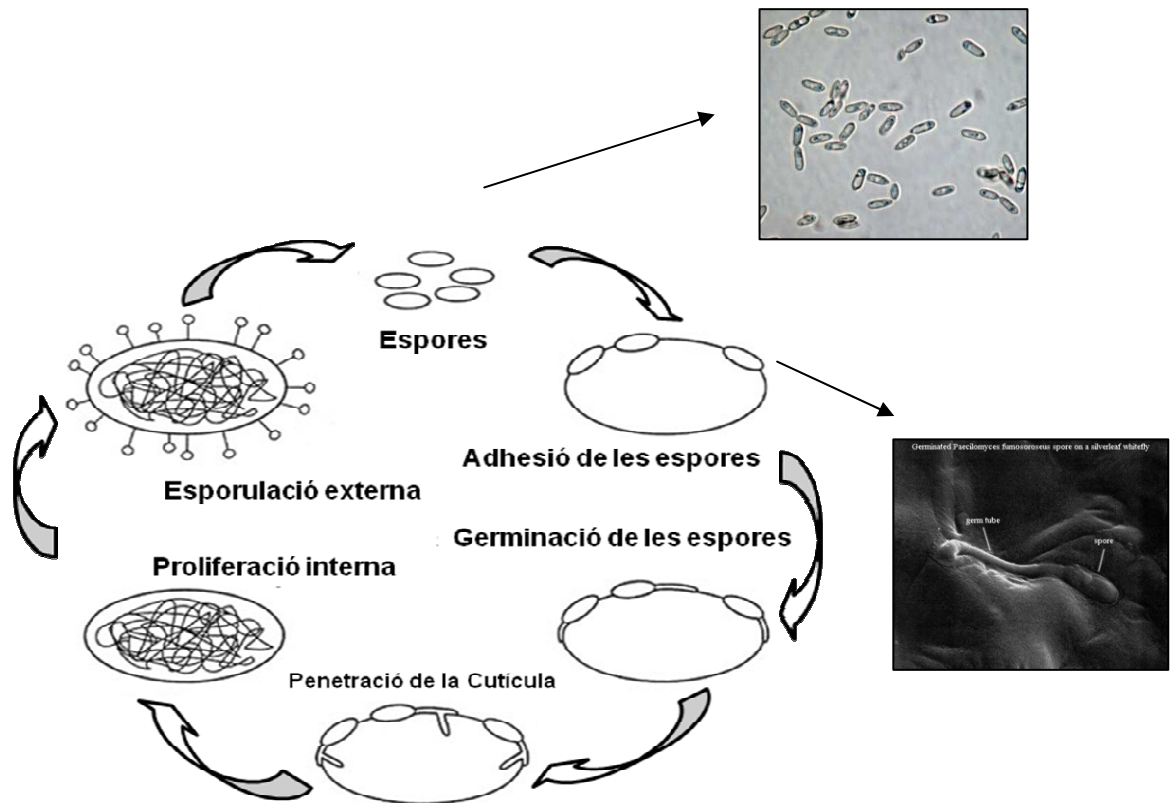


Figura 12. Processos seguits pels fongs entomopatògens al infectar hostes. Font: modificat de García-del-Pino (com. personal).

La seva utilització pràctica es molt limitada, ja que a les dificultats de producció, formulació i conservació cal afegir que la seva acció està molt influenciada per les condicions ambientals, necessitant, en general, humitats relatives altes i temperatures suaus, sent més eficaços en ambients humits i amb formulacions que retenguin la humitat. En condicions climàtiques variables, la seva eficàcia és molt irregular, a diferència dels plaguicides químics convencionals, malgrat els indubtables beneficis ecològics i toxicològics que presenten.



Figura 13: Aspecte de dues espècies de fongs entomopatògens esporulats. D'esquerra a dreta: *Beauveria bassiana* i *Metarhizium anisopliae*.

### 3.3.2 Nematodes entomopatògens

Els nematodes entomopatògens dels gèneres *Heterorhabditis* (Rhabditida: Heterorhabditidae) (figura 14) i *Steinernema* (Rhabditida: Steinernematidae) (figura 15) són importants agents de control biològic de plagues d'insectes de gran interès econòmic com noctuids, escarabèids, curculiònids, elatèrids entre altres (Grewal et al. 2005; Klein, 1990; Shapiro-Ilan et al., 2002). Són patògens obligats d'un ampli ventall d'insectes que maten el seu hoste mitjançant la interacció mutualista d'un bacteri (*Xenorhabdus* sp. O *Photorhabdus* sp.) que porten a l'interior de l'intestí (Poinar, 1990; Boemare, 2002). Tots els estadis del cicle dels nematodes entomopatògens són endoparàsits, a excepció de les formes juvenils infectives les quals inicien la infecció penetrant a l'hemocel del insecte hoste a través de les obertures naturals (boca, anus i/o espiracles respiratoris) i allibera el bacteri. Les toxines produïdes pels nematodes i principalment pels bacteris, maten el insecte dins dels 2-3 primers dies (Dows i Peters, 2002). El bacteri dins del cadàver del insecte produeix els nutrients necessaris per l'alimentació i desenvolupament dels nematodes, arribant-se a produir d'una a tres generacions de nematodes adults, en funció de la quantitat de nutrients disponibles (Poinar, 1990; Kaya i Gaugler, 1993). Quan es consumeixen els recursos alimentaris del cadàver del insecte, els nematodes es transformen en noves formes juvenils infectives i abandonen el cadàver del insecte a la recerca d'un nou hoste que parasitar (figura 16).

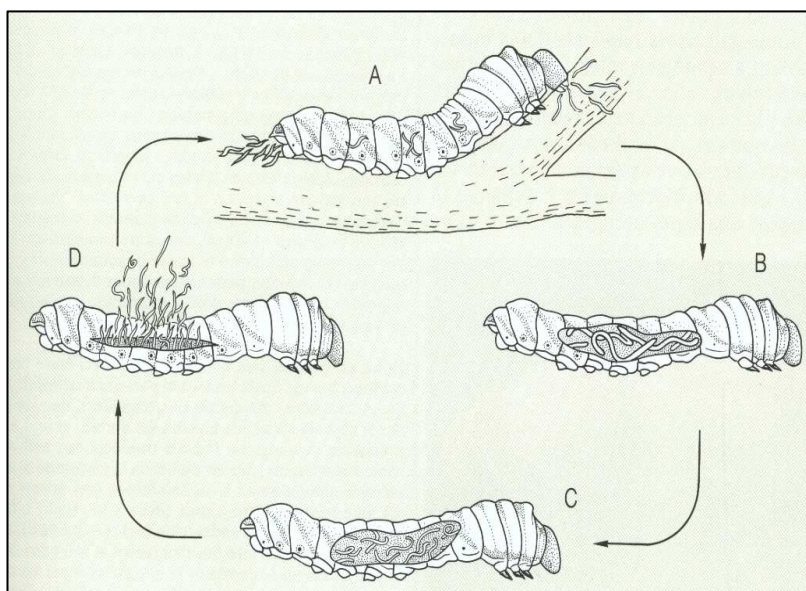


Figura 16: Cicle biològic dels nematodes. A, entrada de formes infectives; B, primera generació d'adults; C, segona generació d'adults i D sortida de formes infectives a l'exterior. Font: Modificat de García-del-Pino (2002).

Els nematodes poden ser produïts a gran escala mitjançant mètodes *in vivo* o *in vitro* (Friedman, 1990) i ser aplicats comercialment com a formes infectives juvenils mitjançant suspensions aquoses (Wright et al., 2005) amb l'ús de sistemes d'irrigació, esprais o tècniques d'injecció (Grewal and Peters, 2005). Els nematodes entomopatògens són molt eficaços pel control d'insectes que habiten al sòl (Klein, 1990) y que es troben en hàbitats críptics, (com galeries, escletxes, etc.) (Georgis and Manweiler, 1994; Koppenhofer, 2000). Es troben de forma natural en sòls, on persisteixen com a juvenils infectius sense alimentar-se, buscant un insecte hoste potencial (Poinar, 1972). A part dels clars avantatges toxicològics (innocus per l'home, plantes i altres animals) i ecològiques, poden trobar insectes en lloc amagats del sòl difícilment accessibles per productes químics, a més de reproduir-se al insecte que parasiten, tenint un efecte multiplicador de la dosi inicial aplicada. També existeixen importants limitacions, derivades per una part a la necessitat d'un medi humit per actuar i per altra per la seva fragilitat (sensibilitat a la llum ultraviolada, dèficit hídric, etc.) entre l'aplicació i la penetració en el sòl, recomanant-se tractaments crepusculars i formulacions amb protectors de la radiació solar.



Figura 14: Aspecte de larves de *G. mellonella* infectades per *Heterorhabditis* sp.



Figura 15: Aspecte de larves de *G. mellonella* infectades per *Steinernema* sp.

### 3.3.3 Avantatges i inconvenients de la utilització d'organismes entomopatògens contra plagues d'insectes

Les característiques generals en relació a la utilització dels fongs i nematodes entomopatògens queden recollides en la taula 5 on s'indiquen les principals avantatges i limitacions dels agents de control biològic.

Taula 5: Principals avantatges i limitacions dels agents de control biològic.

<b><i>Avantatges</i></b>	<b><i>Inconvenients o limitacions</i></b>
Baixa o nul·la toxicitat per les persones (menys riscos pels aplicadors i absència de problemes de residus pels consumidors).	Major lentitud respecte productes convencionals neurotòxics.
Són de caràcter força específic, controlant tan sols la plaga clau.	L'especificitat pot generar un mercat més reduït que els pot encarir.
Menors o nuls problemes de contaminació del medi (aire, sòl, aigua).	Generalment tenen una persistència baixa i la inactivació es veu més influenciada pels factors ambientals, especialment la temperatura i la humitat.
Es poden produir tant a escala local/ regional com a nivell industrial/ internacional.	En general, la producció, conservació i aplicació és més delicada.
Menor alteració de l'equilibri biològic de l'agroecosistema (menor incidència sobre la fauna útil o auxiliar)	
En alguns casos l'epizoòtia per contacte pot augmentar el temps de control.	
Actuació sinèrgica amb altres enemics naturals de les plagues.	

## **BLOC 4. RECERCA D'ORGANISMES ENTOMOPATÒGENS A CAMPS D'AVELLANERS.**



## **BLOC 4. RECERCA D'ORGANISMES ENTOMOPATÒGENS EN SÒLS D'AVELLANERS.**

### **4.1 JUSTIFICACIÓ DE LA RECERCA**

Aquest estudi es centra en dos dels organismes entomopatògens que habiten al sòl, concretament els fongs i els nematodes entomopatògens els quals formen part de l'ampli ventall de possibilitats que aporta el control biològic, les quals s'han descrit a l'apartat anterior. L'estudi dels organismes esmentats al sòl ha estat tractat per molts autors i localitats d'arreu del món que veuen una alternativa a les pràctiques de lluita convencionals tant pel control de plagues de cultius com per plagues en zones forestals o d'espais verds.

La metodologia de recerca d'organismes entomopatògens als sòls de les comarques tarragonines es desenvolupa a partir d'un període de mostreig i del posterior aïllament, seguint metodologies proposades per diferents autors.

En el procés de mostreig, ha estat clau la implicació del personal del Servei de Sanitat Vegetal i de les Associacions de Defensa Vegetal de la Província de Tarragona i Girona, els quals han facilitat la informació dels camps d'avellaners inscrits en Producció Integrada i Ecològica (els que són registrats i tenen seguiment), acompanyant-nos a les campanyes de recol·lecció de mostres i establint contacte amb els agricultors de les finques per tal que s'afegissin a la fase de mostreig i ens diguessin de primera mà si tenien afectació de *C. nucum* i de manera aproximada quines eren les pèrdues produïdes per aquesta plaga als camps mostrejats. Es van anotar els diferents punts de vista dels agricultors davant en front el control biològic, i el sector de l'avellana.

### **4.2 DESCRIPCIÓ DE LES ZONES DE MOSTREIG**

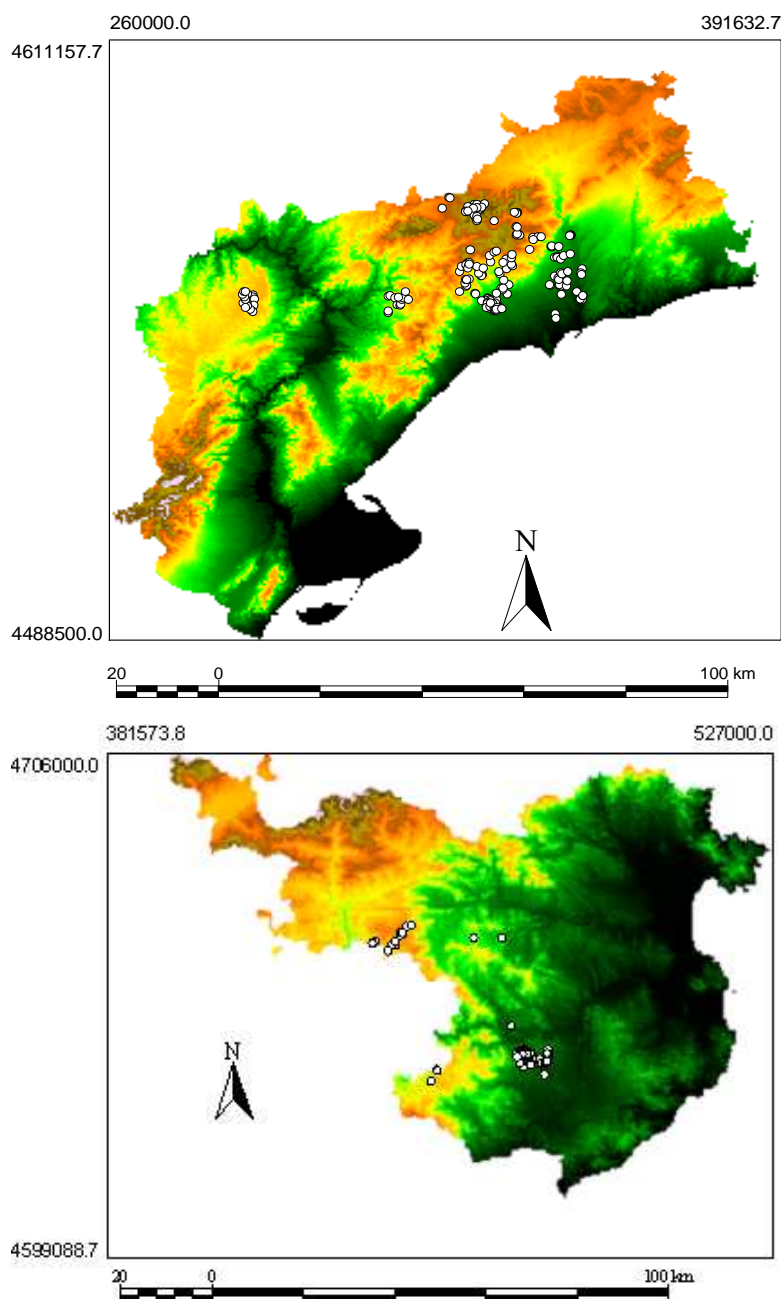
Com s'ha esmentat anteriorment, la fase de mostreig es centrà especialment en el període comprès entre finals febrer del 2007 a principis de juliol del 2007, període en que l'activitat microbiològica al sòl és més elevada i durant el trimestre de maig a juliol de l'any 2008 concretament a les províncies de Girona i Tarragona (figura 16).

En total es van realitzar 310 mostres de sòls d'avellaners. 50 corresponent a camps d'avellaner abandonats, 63 de producció convencional, 10 camps de producció ecològica, 142 de producció integrada i 30 d'avellaners de vegetació autòctona o no cultivats (silvestres)(figura 17).

També es van extreure quinze mostres de sòls de *Quercus ilex* sp. de la Serralada de Collserola (província de Barcelona) seguint la mateixa metodologia que per als sòls



d'avellaners. Aquesta recerca d'organismes es va realitzar per tal de determinar la presència d'organismes entomopatògens a localitats arbòries relacionades amb la presència d'unes altres espècies de curculionids, el *Curculio glandium* i el *C. elephas*. Aquests mostrejos es varen efectuar a les comarques on el cultiu de l'avellana era important, especialment a les comarques tarragonines i la zona de les muntanyes de Prades, municipis de Girona i alguns punts de la província de Barcelona, entre els quals cal destacar el mostreig a unes localitats d'alzinars de la Serralada de Collserola i avellanoses silvestres (figura 16). La metodologia de tria dels camps es va dur a terme segons la necessitat d'obtenir una mostra representativa de cadascuna de les produccions tal i com s'ha exposat i prèviament a l'exploració al camp es va contactar amb els tècnics de l'ADV per tal que ens orientessin en la cerca del major nombre de finques que fossin el suficientment representatives del conjunt del territori.





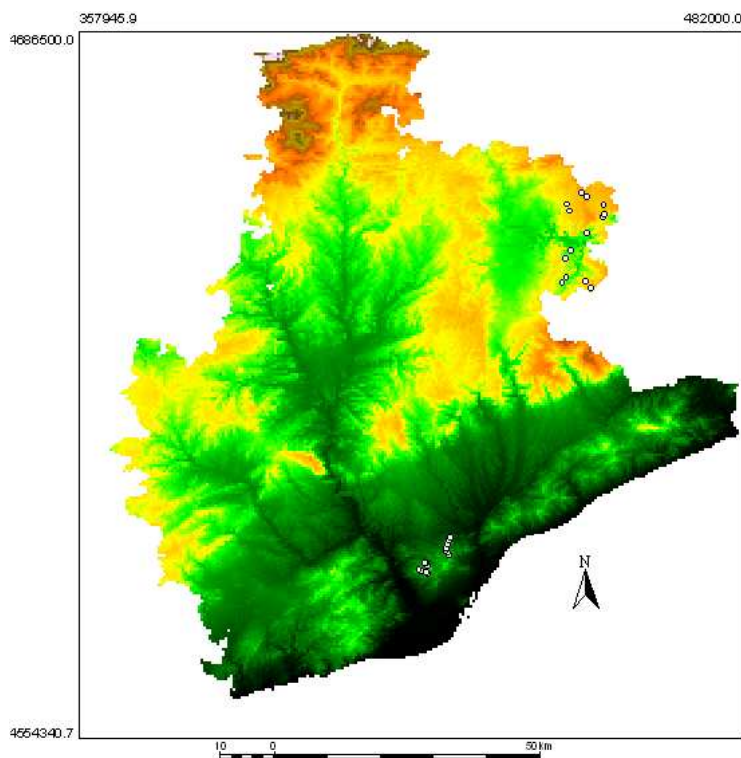


Figura 16 : Representació dels mostrejors (punts blancs als mapes) duts a terme en les successives campanyes de recollida de sòls en les diferents províncies. De dalt a baix: Tarragona, Girona i Barcelona.

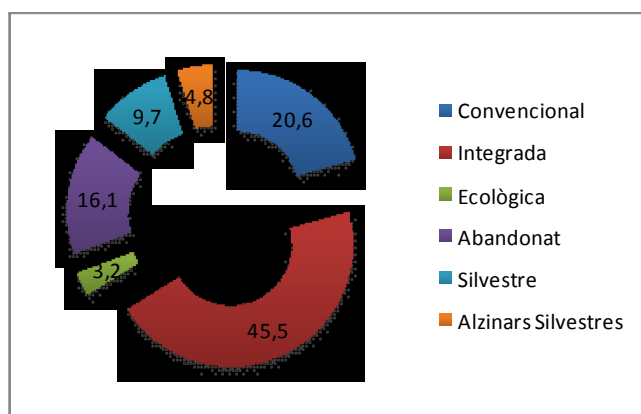


Figura 17: Distribució (en percentatges) del nombre de localitats mostrejades en funció del tipus de producció que representen.

## BLOC 5. MATERIALS I MÈTODES



## BLOC 5. MATERIALS I MÈTODES

### 5.1 MOSTREIG

#### 5.1.1 Metodologia de mostreig

La metodologia seguida un cop escollida la finca a mostrejar fou determinar els punts de mostreig i per això s'establí un marc aproximat de  $50\text{m}^2$  el màxim centrat a la parcel·la i, al interior d'aquest espai es triaren aleatòriament 4 avellaners que es trobessin a una distància mínima d'un avellaner entre cadascun. Un exemple de distribució aleatòria es pot veure a la figura 18, on els punts vermells mostren els avellaners a mostrejar.



Figura 18: Possible distribució dels avellaners mostrejats (a l'esquerra en fotografia i a la dreta mitjançant un esquema de l'àrea imaginària que conté els avellaners mostrejats). Font: elaboració pròpia.

Es marcaren 4 posicions equidistants en posició cardinal sota la coberta de cadascun dels arbres, extraient de cadascun dels punts, 250 cc de terra d'una profunditat de 15-20cm prescindint de la fracció vegetal i pedres de l'horitzó superficial. La terra extreta dels 4 respectius arbres (submostres) s'unificaren en una única galleda per tal d'homogeneïtzar-la i s'introduí un volum aproximat de 2L de terra dins d'una bossa de plàstic, rotulant-ho amb el corresponent codi, configurant així la mostra final.



Figura 19: Passos seguits en l'extracció de mostres al camp.(D'esquerra a dreta: 1, perforació a uns 15-20cm del sòl; 2, extracció de dues palades de sòl, aproximadament 250cc de sòl de cada punt de mostreig; 3, homogeneïtzació de les submostres; 4, extracció de 2L del sòl anteriorment barrejat). Font: elaboració durant diferents campanyes de mostreig.

Cadascun dels camps on es dugué a terme el mostreig va ser georeferenciat mitjançant l'ús d'un GPS (Garmin®), obtenint les coordenades cartesianes del sistema de referència UTM (Universal Transversal Mercator), l'altitud i la precisió en que es donaven les dades. També s'anotà a la llibreta de camp el terme municipal, el propietari, el polígon i parcel·la, el tipus de producció dels avellaners cultivats, si existia o no sistema de reg i de quin tipus i la superfície del camp.

En moltes ocasions, la informació corresponent al propietari, polígon i parcel·la i superfície no eren disponibles al moment de realitzar els mostrejos, de manera que s'inclogueren topònims o característiques de referència que fessin més senzilla la recerca de la informació en un futur. També es realitzaren fotografies a cada localitat de mostreig per tal de plasmar les principals característiques dels avellaners (frondositat i distribució dels arbusts, sistema de reg, capa herbàcia), l'entorn (vegetació i proximitat als límits de la parcel·la i elements de referència) i la metodologia de mostreig.

Si bé el mostreig de camps de producció integrada, ecològica i convencional va estar orientat per tècnics i persones coneixedores de la zona en que ens trobàvem, la recerca d'avellaners abandonats i silvestres fou més complexa i les dades associades a aquests resultaren en general escasses. En el cas dels camps d'avellaners abandonats, tan sols es pogueren anotar les dades referents a la localització geogràfica i en algunes ocasions els anys que fa que porten abandonades, propietaris, si tenien algun sistema de regadiu (en el cas de trobar el sistema de reg de suport instal·lat). La localització dels avellaners silvestres ens allunyà de les comarques Tarragonines i ens portà principalment a la comarca d'Osona, on la densitat registrada

d'aquestes localitats era major. Segons la classificació CORINE per la qual es registren hàbitats on a cada polígon ha de constar d'un recobriment de l'espècie determinada superior al 20%. S'ha trobat una baixa accessibilitat als avellaners molt abandonats i als avellaners silvestres (situats majoritàriament a rieres i zones frescals de caràcter marginal (individus aïllats) on la dificultat en la recol·lecció de terres es va incrementar notablement.

A la figura 20 es mostra la localització a nivell comarcal de la ubicació dels punts de mostreig on es va extreure la informació pel mostreig d'avellaners silvestres, representats pel codi CORINE (MIRAMON, 2008).

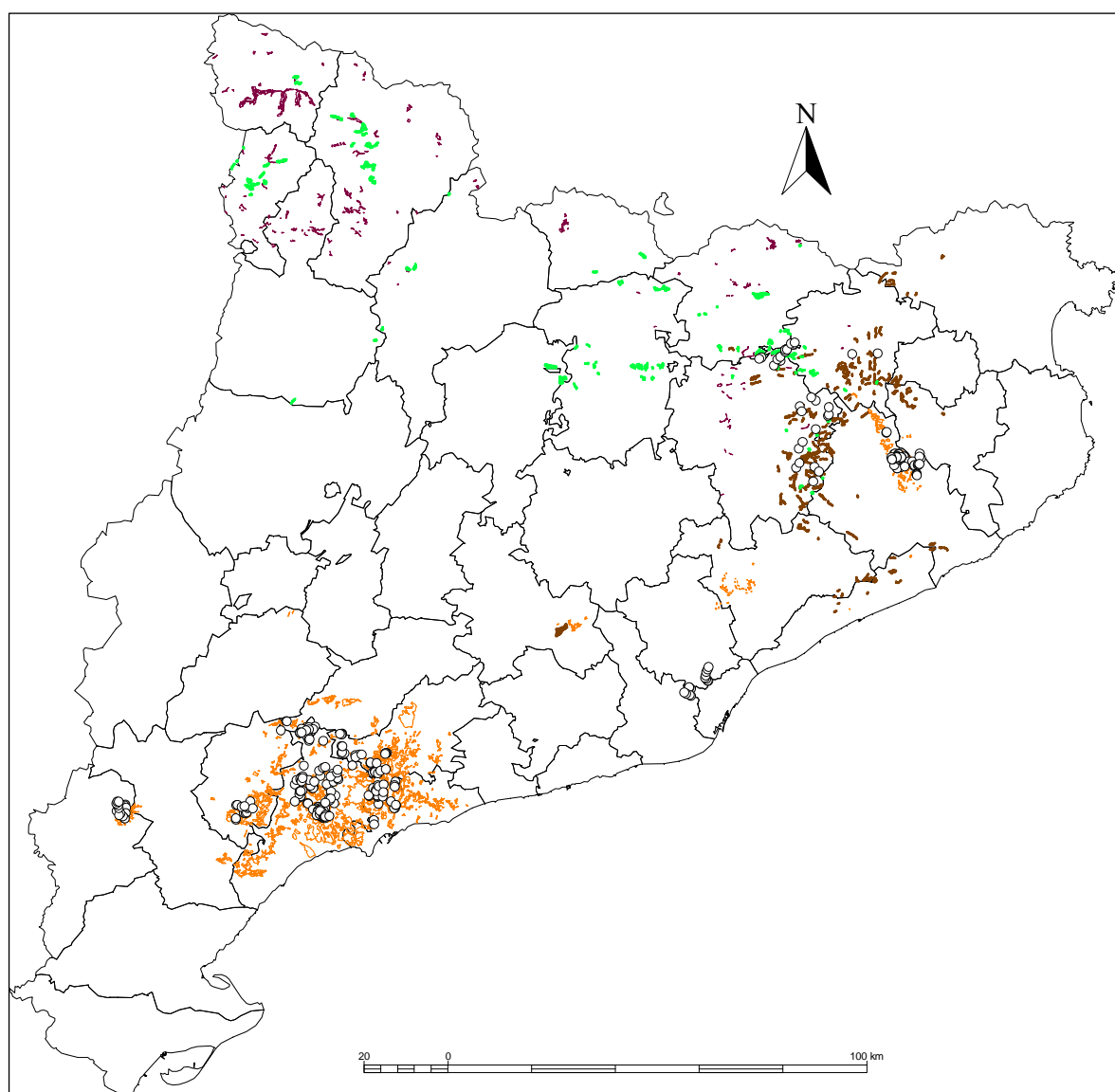


Figura 20: Representació d'hàbitats CORINE per avellanoses: ○ Zones mostrejades  
 Avellanoses d'ambients secs de muntanya mitjana  Avellanoses d'ambients frescals de muntanya mitjana  
 Avellanoses de barrancs i fondalades ombrívols de muntanya baixa  Zones de conreu d'avellana (CODI CORINE)  
 Límits comarcals de Catalunya. Base 1:800000 Font: Elaboració pròpia a partir de SIG (MiraMon<sup>®</sup>, v.5.5c)



## 5.2 AÏLLAMENT D'ORGANISMES ENTOMOPATÒGENS

Els nematodes i fongs entomopatògens es varen aïllar utilitzant el mètode d'insecte trampa proposat per Bedding i Akhurst (1975) i Zimmerman (1986), utilitzant larves de *Galleria mellonella* i *Tenebrio molitor* com a insectes hoste.

L'ús d'aquests organismes es basen en estudis realitzats de biodiversitat de fongs patògens d'insectes, generalment orientats en l'ús de *G. mellonella* (Lepidòpter) o *Tenebrio molitor* (Coleòpter) com a insectes trampa (Vänninen et al., 1989; von Kleespies et al., 1989; Mietkiewski et al., 1993; Steenberg, 1995; Tkaczuk i Mietkiewski, 1996), insectes fàcils d'obtenir i treballar en condicions de laboratori.

Les larves de *G. mellonella* són susceptibles a la infecció de diverses espècies de fongs entomopatògens, tal com va decriure Vanninen (1996), utilitzant-se àmpliament per aquest tipus de recerca. Les larves de *Tenebrio molitor*, de característiques taxonòmiques i morfològiques diverses a *G. mellonella*, van resultar útils per afegir nous paràmetres a la recerca. En primer lloc, les diferències taxonòmiques, sent *T. molitor* un coleòpter, tal com la plaga clau que es pretén controlar (*C. nucum*). Al mateix temps, les diferències morfològiques externes, com per exemple una cutícula externa més gruixuda en el cas de *T. molitor*, podia representar diferències en la colonització a través de cutícula d'organismes entomopatògens.

Cadascuna de les mostres de sòl extretes al camp es va abocar separatament en un recipient per tal d'homogeneïtzar, desfer grumolls de terra, separar la fracció orgànica superficial i, en els casos que s'aprecià una extrema sequedat de les mostres, s'augmentà la humitat del sòl introduint aigua esterilitzada per tal que el factor humitat no fos limitant en la mobilitat o esporulació dels possibles organismes existents. Es van introduir aproximadament 50g de terra a set plaques de Petri de 90mm de diàmetre, de plàstic, configurant les submostres i posteriorment es van introduir 5 larves de *G. mellonella* a la superfície de cadascuna de les cinc submostres mentre que a les dos restants s'hi van afegir respectivament 5 larves de *T. molitor* (figura 21). Es van segellar bé per evitar fugues dels insectes i es portà a la cambra de cultiu on s'incubaren les mostres a  $25\pm 2^{\circ}\text{C}$  durant 7 dies. Es van dur a terme dues repeticions d'aquest procés per tal de donar més valor estadístic a les dades resultants.

Passat el període d'incubació es van extreure les larves mortes de les plaques, netejant la superfície amb solució Ringer (0,9g NaCl, 0,02g KCl, 0,02g  $\text{NaHCO}_3$ , 0,02g  $\text{CaCl}_2$ , 100cc  $\text{H}_2\text{O}$ ) i dipositant-les individualment en plaques de petri petites sobre una superfície de paper de filtre estèril humit i segellades amb parafilm per evitar la dessecació i possibles contaminacions. Aquestes es portaren a la cambra de cultiu on

eren inspeccionades periòdicament per tal de descobrir indicis d'esporelació o de presència de nematodes.



Figura 21 : Insectes hosts utilitzats en l'aïllament d'organismes entomopatògens. D'esquerra a dreta : larves de *Galleria mellonella* i larves de *Tenebrio molitor*. Font: Elaboració pròpia i BABVE.

### 5.3 IDENTIFICACIÓ D'ORGANISMES AÏLLATS

#### 5.3.1 Identificació de nematodes entomopatògens

En el cas de sospitar de la mort de la larva per la presència de nematodes es procedí a la dissecció de la larva per tal de confirmar que aquests s'havien reproduït al seu interior (com anteriorment hem explicat, propietats dels nematodes entomopatògens), descartant així la possibilitat que fossin sapròfits<sup>3</sup>, tasca realitzada amb el suport del personal d'investigació de l'àrea de nematologia de la UAB. Per tal de d'identificar la família de nematode. Per altra banda, la identificació de les dues famílies de nematodes va ser possible gracies a la coloració que presentaven les larves de *G. mellonella* infectades, vermelles en *Heterorhabditis* sp. i coloració groc-marronosa en *Steinernema* sp.(figura 22)



Figura 22: Larves de *G. mellonella* infectades per nematodes. D'esquerra a dreta: infecció per *H. bacteriophora* sp. i *Steinernema* sp. Font: Elaboració pròpia i BABVE.

<sup>3</sup> Organismes que obtenen els nutrients a partir de la descomposició de la matèria orgànica morta.

### 5.3.2 Identificació de fongs entomopatògens

En el cas de sospitar de la mort de la larva per la presència de fongs, s'incubaven les plaques de petri amb la larva durant 4-5 dies, fins obtenir una larva amb la cutícula coberta parcial o totalment d'espores com a resultat de l'esporeulació, amb la coloració final que els caracteritza. En el cas que no s'observessin signes d'esporeulació, es prolongaria el temps d'incubació.

La identificació es realitzà amb el suport de l'àrea de micologia i la bibliografia disponible al respecte per a la correcta identificació, tenint en compte que tot i que la majoria d'espècies de fongs entomopatògens tenen caràcters bàsics de diagnosi que els fan ràpidament identificables, cal recordar que espècies com *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill., *Metarhizium anisopliae* (Sorok.) Metsch i *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viegas, les dues primeres espècies que ocupen les màximes posicions en aplicació pel control biològic, són espècies complexes que requereixen d'una àmplia caracterització per tal d'arribar a una resolució final.

La metodologia que s'ha seguit per la identificació es basà principalment en el seguiment d'unes claus i d'unes il·lustracions presentades per Richard A. Humber, amb la necessitat de realitzar preparacions microscòpiques.

En els casos que els fongs no s'identificaren bé, es dugueren a terme sembres en placa, generalment sobre medi MEA o CMA per tal d'observar el creixement fúngic i determinar l'espècie de fong present.

### 5.3.3 Conservació dels fongs entomopatògens aïllats

Per tal de dur a terme la conservació dels fongs anteriorment aïllats es va seguir la metodologia proposada per Smith i Onions (2006) on els fongs es sotmetien a la deshidratació i posteriorment ja podien ser guardats per una posterior utilització. D'aquesta manera, les mostres aïllades es varen introduir a una estufa a  $40^{\circ}\text{C} \pm 5$  durant 48h i un cop deshidratades es va guardar cadascun dels insectes hostes parasitats en tubs Eppendorf etiquetats amb l'espècie fúngica i número de mostra (figura 23).



Figura 23 : Larves de *G. mellonella* en tubs Eppendorf per la seva conservació. Font: Elaboració pròpia i BABVE.



### 5.3.4 Reproducció i conservació de nematodes

Una part importat a l'hora de conservar un determinat nombre dels nematodes aïllats va ser garantir-ne una població significativa per tal d'assegurar posteriors experiments. D'aquesta manera, un cop les larves de *Galleria mellonella* infectades en l'aïllament d'organismes entomopatògens de les terres van ser extretes, es varen introduir a cambres d'extracció fins al sorgiment de les formes infectives (figura 24) les quals posteriorment són filtrades de la suspensió aquosa de la base de la cambra. Posteriorment aquestes formes infectives es varen posar a unes ampolles de cultiu cel·lular quedant cobertes amb aproximadament 5mm d'aigua per tal d'assegurar el intercanvi d'oxigen. Posteriorment s'ubicaren en nevera a 7-8°C , temperatura a partir de la qual es redueix l'activitat metabòlica de les formes infectives.



Figura 24 : Cambra d'extracció de nematodes.  
Font: elaboració propia i BABVE.

## 5.4 ANÀLISI DE LES VARIABLES DE L'AGROECOSISTEMA

Per tal de determinar si els organismes entomopatògens aïllats es veuen influenciats per variables intrínseques de l'hàbitat en que s'han trobat, siguin propietats del sòl o agents climatològics, s'han dut a terme dos tipus de procediments. Les dades climàtiques s'han extret mitjançant el programari MIRAMON® v.5.5c, duent a terme la combinació de dos formats vectorials diferents. El primer a partir de l'elaboració d'un mapa on totes les localitats mostrejades quedaven georeferenciats a partir de les coordenades UTM (x,y) determinades al camp i en segon lloc a partir de bases digitals disponibles de l' Atlés Climàtic de Catalunya, concretament les corresponents a dèficit hídric de Catalunya i el de temperatures mitjanes anuals. El primer és una representació de la diferència entre l'evapotranspiració potencial (ETP), o capacitat evaporant del sòl cobert de vegetació, i la real.

S'obté de l'expressió  **$ETP = CT (T-T_x) \cdot R_s$**  on les variables que la formen corresponen als coeficients CT i  $T_x$  (figura 25) ,  $R_s$  (radiació solar incident a nivell del sòl (cal/cm<sup>2</sup>/dia o mm/dia) i T (temperatura mitjana del període de càlcul escollit , sigui setmana, mes,...). L'evapotranspiració va amb les mateixes unitats que la  $R_s$ . A

mesura que la diferència és superior, menys garantides estan les necessitats hídriques de les plantes (a mesura que el valor augmenta).

$$C_T = \frac{1}{38 - \frac{h}{152,5} + \frac{380}{e_2 - e_1}} \quad T_x = -2,5 - 0,14(e_2 - e_1) - \frac{h}{550}$$

Figura 25 : Càlcul de coeficients per ETP. La  $h$  correspon a l'altitud del lloc en metres.

La temperatura mitjana anual ha estat l'altra font d'informació de dades climàtiques de l'estudi. Per altra banda s'han extret dades directament del camp (l'altitud de les parcel·les, tipus de conreu, sistema de reg) i dades extretes al laboratori com l'anàlisi del pH de cadascuna de les mostres mitjançant el mètode potenciomètric (Alcañiz, J.M, comunicació personal) on els resultats obtinguts es van reclassificar en diferents rangs segons la metodologia proposada per Moreno-Dahme (1993).

## 5.5 ANÀLISI ESTADÍSTIC

L'anàlisi estadístic de totes les variables recollides es va realitzar a partir del programari SPSS 16.0, a fi d'obtenir diversos tipus d'informació. Les dades es van sotmetre a un anàlisi de varianza (ANOVA, SPSS 16.0) per tal de determinar les diferències existents entre tipus de fongs entomopatògens. Les diferències entre cadascuna de les variables (pH, altitud, hàbitat, producció, dèficit hídric i temperatures mitjanes anuals) es van analitzar mitjançant un posterior test de rang múltiple de Tukey ( $P < 0,05$ ). Per altra banda, el programari aplicat ha servit per integrar i reclassificar les variables del sòl talment com el pH, les dades altitudinals i les climatològiques i segmentar o seleccionar dades del conjunt per tal de trobar relacions significatives de la presència d'organismes entomopatògens.

## BLOC 6. EXPOSICIÓ DE RESULTATS



## BLOC 6. EXPOSICIÓ DE RESULTATS

### 6.1 MOSTREIG DEL SÒL

S'ha detectat presència d'organismes entomopatògens a 141 dels 295 camps d'avellaners mostrejats (47,8%). En un 46,4% de localitats s'han aïllat fongs entomopatògens i en un 2% nematodes entomopatògens

S'ha trobat presència de tots dos gèneres de nematodes entomopatògens, *Steinernema* sp. (Rhabditida: Steinernematidae) amb representació de 5 soques diferents (D37, D66, D108, D113 i D114) distribuïdes a les comarques d'Osona, Baix Camp i Tarragonès i *Heterorhabditis* sp. (Rhabditida: Heterorhabditidae) amb un únic representant, DG46 (comarca de la Selva). Les característiques dels sòls positius per nematodes es troba detallat a la taula 6 .

Taula 6 : Característiques de les mostres on s'han aïllat els nematodes entomopatògens.

CODI mostra	Municipi	Producció o hàbitat	Altitud (m)	Coordenades UTM ( X-Y)	pH
D108	Rupit i Pruit	Silvestres	511±12	452899,9863 - 4648881,9885	7,07
D113	St. Maria de Corcó	Silvestres	911±5	451849,3000 - 4656451,8615	7,12
D114	St. Maria de Corcó	Silvestres	680±9	449151,7147 - 4654336,3067	6,83
D66	Aleixar	Abandonat	462±5	338702,0245 - 4565395,8175	5,22
D37	Constantí	Integrada	111±6	348181,3770 - 4561289,1740	7,34
DG46	Anglès	Integrada	269±6	469769,0000 - 4648003,0000	5,14

En relació als fongs entomopatògens s'ha detectat la presència de *Beauveria bassiana* i *Metarrhizium anisopliae* amb percentatges d'un 56,21% i 43,51% respectivament. També cal destacar la presència de *Paecilomyces* sp., *Aspergillus* sp. i *Fusarium* sp. Del conjunt mostrat s'han trobat 68 localitats amb presència de *B. bassiana*, 49 de *M. anisopliae* i 18 amb la coexistència de totes dues. Per altra banda no s'ha trobat presència de fongs entomopatògens a 175 localitats (56,75%).

### 6.1.1 Presència d'organismes entomopatògens en funció del tipus de producció

Degut a l'elevada aparició de fongs entomopatògens, comparada amb els nematodes, la resta del capítol la dedicarem als fongs entomopatògens. Les característiques de totes les mostres on s'han aïllat fongs entomopatògens es poden observar a l'annex 3. La distribució de les diferents espècies fúngiques en funció del tipus de producció queda recollida a la figura 26. Els percentatges més elevats de *Beauveria bassiana* es troben a les mostres extretes de Collserola (46%), seguides per les localitats abandonades (34%) i les de producció ecològica (30%). S'observen percentatges semblants de *B. bassiana* tant en la Producció Integrada com en la convencional amb valors del 18% respecte el conjunt mostral. La presència de *Metarrhizium anisopliae* es troba a totes les localitats a excepció de les parcel·les de producció ecològica; producció integrada (19%), finques abandonades (16%) i les avellanoses silvestres (17%). No existeixen diferències significatives al comparar les espècies entre elles a cada hàbitat a excepció de les mostres recollides als alzinars de la Serralada de Collserola on *B. bassiana* és més freqüent que *M. anisopliae* i que la coexistència de les dues espècies. Per altra banda, les diferències més significatives observades entre la presència de les dues espècies es corresponen a les finques abandonades, les alzines mostrejades de Collserola i les avellanoses silvestres. No s'han observat diferències significatives en la presència de *M. anisopliae* a cap de les localitats mostrejades a diferència de *B. bassiana* on es van veure diferències significatives entre les localitats silvestres, abandonades i les alzines de Collserola (HSD de Tukey,  $P < 0,05$ ).

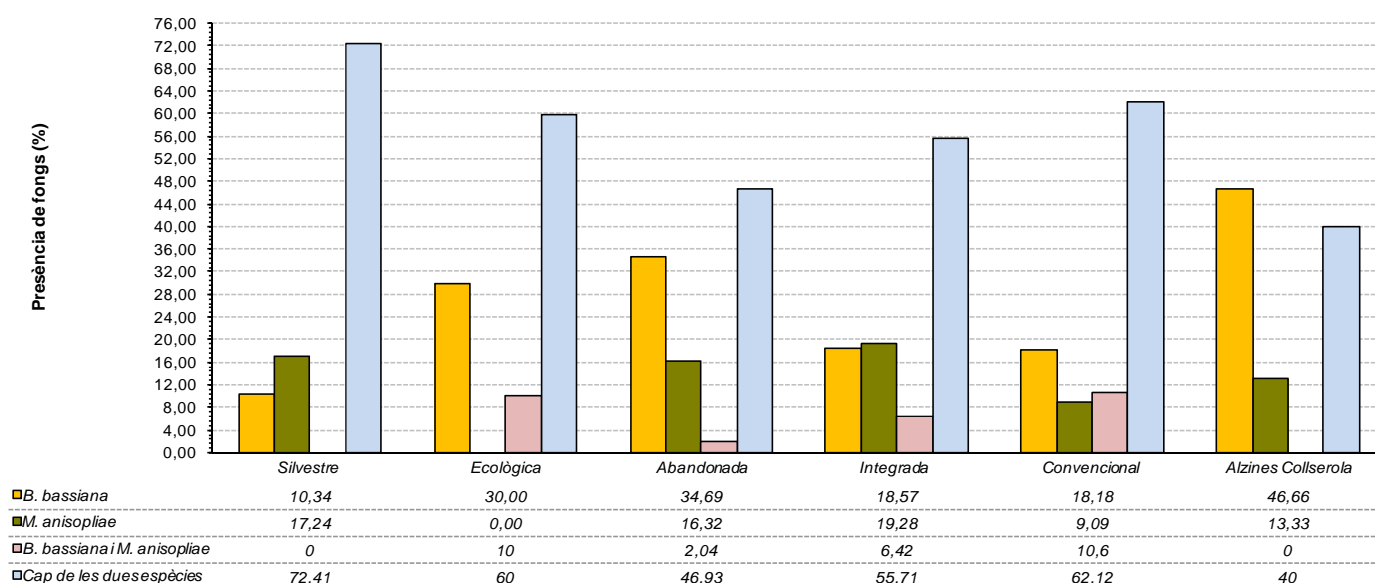


Figura 26 .Percentatge de fongs presents en cadascuna de les produccions del conjunt mostral. Font: Elaboració pròpia.

La proporció de mostres sense presència de cap espècie és màxima en el cas dels avellaners autòctons, seguit per la producció convencional i els de Producció Integrada.

## 6.2 DISTRIBUCIÓ DE LES VARIABLES ANALITZADES I RELACIONS ESTABLERTES AMB ELS ORGANISMES ENTOMOPATÒGENS TROBATS

### 6.2.1 pH

La classificació de pH de les mostres extretes al camp oscil·la entre 4,10 i 8,92 i la distribució segons la reclassificació es representa a la taula 6 on hi ha una àmplia distribució de pH fortament àcids ( $4,2 < \text{pH} < 5,59$ ) fins a alcalins moderats ( $7,40 < \text{pH} < 8,39$ ).

Taula 7: Classificació del pH del conjunt mostral.

Classificació de pH	Nombre de localitats mostrejades	%
Extremadament àcid $\text{pH} < 4,2$	2	0,65
Fortament àcid $4,2 < \text{pH} < 5,59$	83	26,77
Moderadament àcid $5,60 < \text{pH} < 6,59$	60	19,35
Neutre $6,60 < \text{pH} < 7,39$	60	19,35
Moderadament alcalí $7,40 < \text{pH} < 8,39$	102	32,90
Fortament alcalí $> 8,39$	3	0,97

Trobem presència de totes dues espècies de fongs entomopatògens en els rangs de pH classificats entre fortament àcid i fortament alcalí. En el conjunt mostral de pHs, apareixen diferències significatives (HSD de Tukey,  $P < 0,05$ ) entre la presència de *B. bassiana* i *M. anisopliae*.

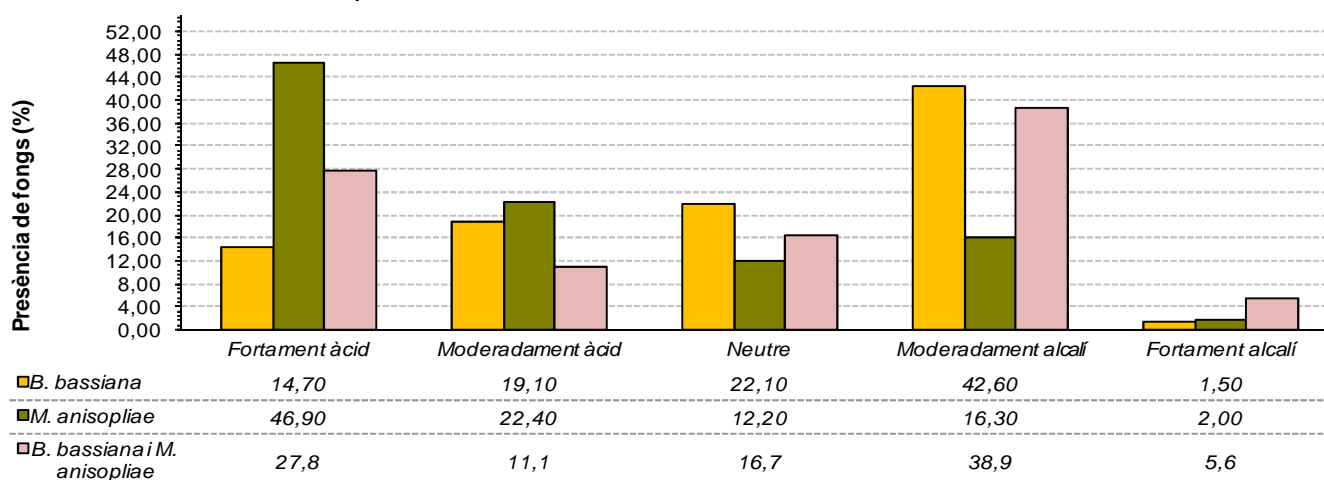


Figura 27 .Percentatge de fongs presents en cadascuna dels rangs de pH. Font: Elaboració pròpia.

Cal destacar les diferències significatives trobades entre *M. anisopliae* i *B. bassiana* (HSD de Tukey,  $P < 0,05$ ) en els sòls classificats com fortament àcids i moderadament alcalins. La presència en pH de  $4,2 < \text{pH} < 5,59$  per *M. anisopliae* és de l'ordre del 46,90% mentre que per *B. bassiana* és del 14,70%. Les mostres amb un pH moderadament alcalí ( $7,40 < \text{pH} < 8,39$ ) són les que donen lloc a un major nombre de fongs, presentant un màxim per *B. bassiana* (42,60%) i seguida per *M. anisopliae* amb un 16,30%.

La coexistència de totes dues espècies fúngiques a la mateixa localitat no presenta diferències significatives a cap dels rangs de pH estudiats ( $P > 0,05$ ), observant un màxim de la seva presència a sòls moderats alcalins (38,9%) (figura 27).

### 6.1.2 Altitud

Les localitats mostrejades presenten un ventall d'altituds molt diversos que oscil·len entre la terra baixa i muntanya mitjana (des de menys de 150 m als 1600 m respecte el nivell del mar) (taula 7).

Taula 8: Classificació de les altituds del conjunt mostrat.

Altitud	Nombre de localitats mostrejades	%
<150	50	16,13
150-400	134	43,23
400-700	51	16,45
700-900	15	4,84
>900	60	19,35

La distribució de fongs i nematodes entomopatògens en funció de les diferents altituds queda representada a la figura 28 on es pot veure que el rang on hi ha un major percentatge de fongs entomopatògens és el que comprèn alçades entre els 150 i 400 metres, on *B. bassiana* ocupa un 50% seguit per *M. anisopliae* amb un 36%. Segons l'anàlisi estadística no hi ha diferències significatives ( $P > 0,05$ ) entre els tipus de fongs trobats a cadascun dels intervals d'altitud. De la resta d'interval cal destacar que a partir dels 400 metres d'altitud, la presència de *M. anisopliae* és lleugerament més elevada que la de *B. bassiana*, mentre que altituds inferiors als 150 metres passa el contrari. La presència de totes dues espècies presenta diferències significatives (HSD de Tukey,  $P < 0,05$ ) si comparem les altituds de menys de 150 metres amb valors de més de 400m, reduint-ne la seva presència fins a la nul·litat. *M. anisopliae* és l'espècie entomopatògena present a les altituds més altes mostrejades (>900m) (figura 28)

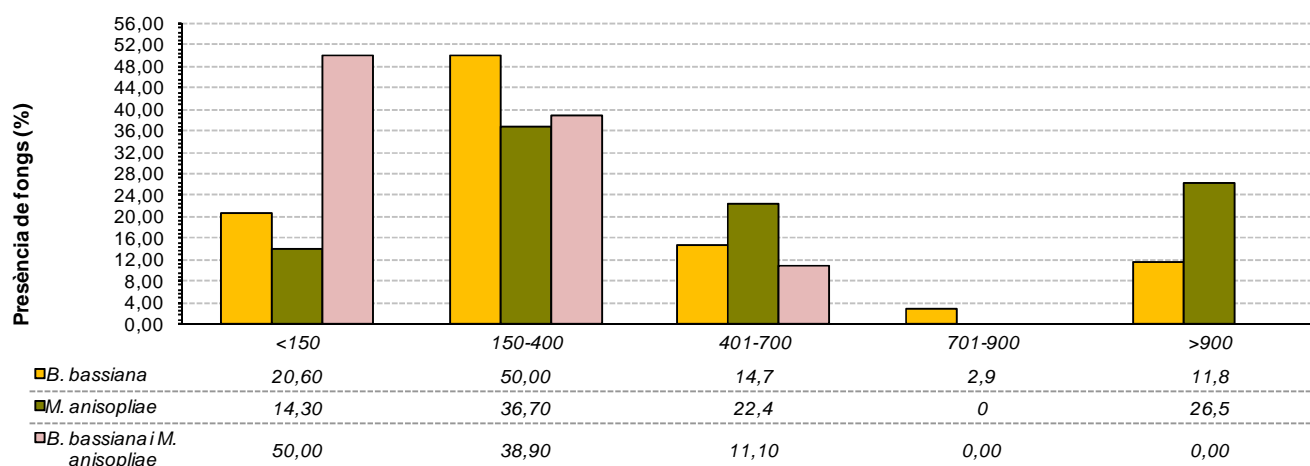


Figura 28 .Percentatge de fongs presents en cadascun dels intervals altitudinals. Font: Elaboració pròpia.

### 6.1.3 Temperatures mitjanes anuals

Les mostres es troben ubicades a zones on el gradient de temperatures mitjanes anuals oscil·la entre els 10 i els 16°C. Tot i no observar diferències estadísticament significatives entre les diferents temperatures i la presència d'organismes entomopatògens ( $P > 0,05$ ), sí que s'observa certa tendència en la distribució de les dues espècies fúngiques més destacables en relació les temperatures mitjanes anuals. S'observen dos tendències oposades, una major presència de *B. bassiana* a mesura que el gradient tèrmic augmenta, contràriament amb el que s'observa per *M. anisopliae*. La coexistència de les dues espècies s'observa a partir dels 13°C, presentant un percentatge en el nombre significativament diferent a les localitats on tan sols hi ha presència d'una espècie de fong entomopatogen, amb valors que no superen el 12% del conjunt d'organismes aïllats (figura 29).

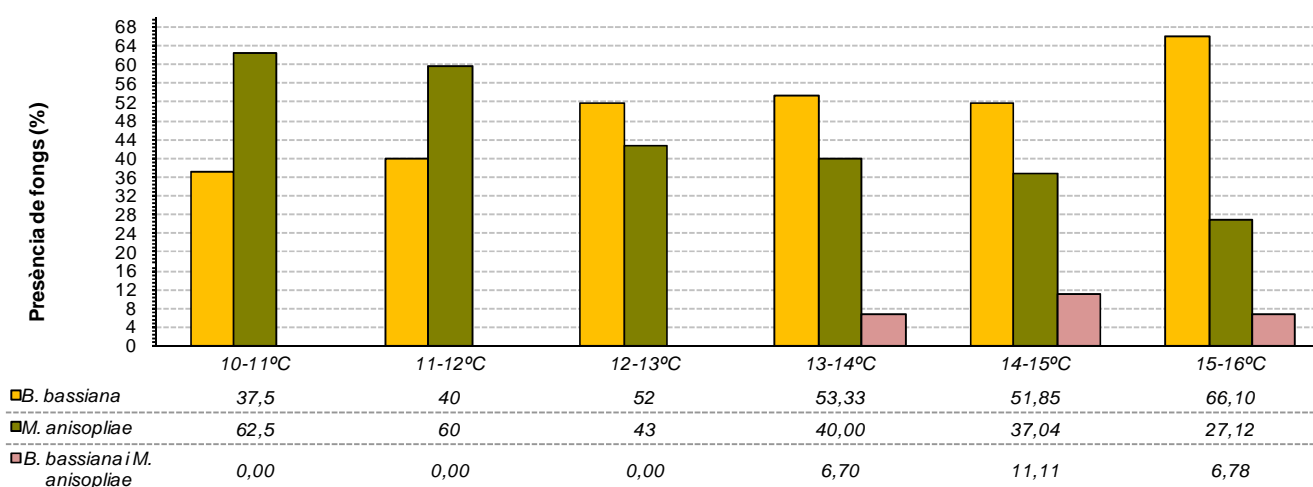


Figura 29 .Percentatge de fongs presents en cadascuna dels intervals de temperatures mitjanes anuals. Font: Elaboració pròpia.



### 6.1.4 Deficit hídric

En el cas de les dades relatives al deficient hídric, s'han vist diferències significatives (ANOVA,  $P < 0,05$ ) del conjunt mostrat de fongs aïllats als diferents intervals de deficient hídric. Pel cas de *B. bassiana*, s'observen diferències significatives (HSD de Tukey,  $P < 0,05$ ) entre els intervals de 0-100 respecte els intervals majors a 300.

En el cas de *M. anisopliae* tan sols s'observen diferències significatives ( $P < 0,05$ ) al comparar l'interval de 200-300 amb el menors deficit registrat (menor a 100). Els percentatges de coexistència de les dues espècies presenten una tendència significativa a augmentar a mesura que ho fa el deficit hídric de les àrees estudiades (figura 30).

Si comparem els dos extrems de l'eix que classifica els diferents deficit hídric podem trobar (tot i que no de manera estadísticament significativa) dos casos oposats de distribució de les espècies, a zones on no hi ha deficit hídric destacable domina *M. anisopliae* amb un 63,56% mentre que en els màxims valors registrats de deficit hídric pel que fa a presència d'organismes entomopatògens trobem que *B. bassiana* és l'espècie majoritària amb un 66,24% seguida per *M. anisopliae* (34%).

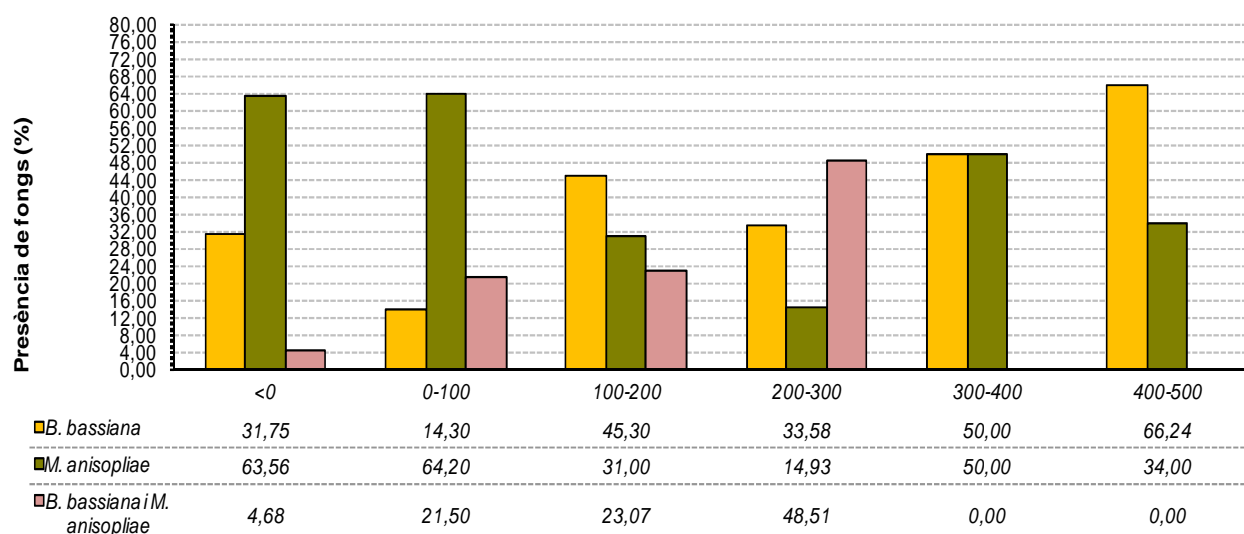
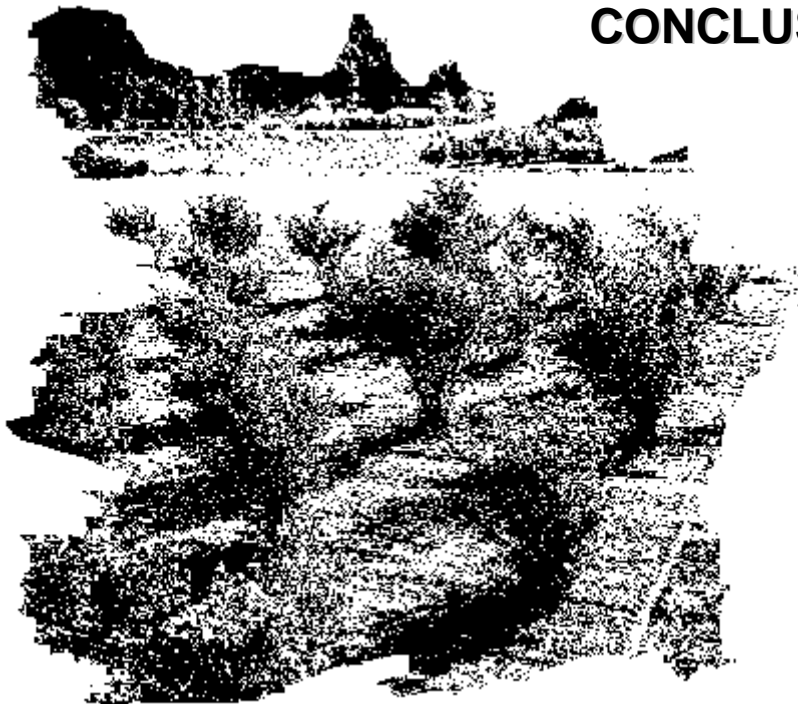


Figura 30 .Percentatge de fongs presents en cadascuna dels rangs de deficit hídric. Font: Elaboració pròpia.

## BLOC 7. DISCUSSIÓ

I

## CONCLUSIONS



## BLOC 7. DISCUSSIÓ I CONCLUSIONS

Cal destacar la presència de dos importants agents de control biològic, els nematodes, amb la representació de dos grans gèneres *Steinernema* sp. (Rhabditida: Steinernematidae) i *Heterorhabditis* sp. (Rhabditida: Heterorhabditidae) i els fongs entomopatògens entre els quals trobem *Beauveria bassiana* i *Metarhizium anisopliae*.

### 7.1 DIVERSITAT I CARACTERÍSTIQUES DELS NEMATODES ENTOMOPATÒGENS AÏLLATS

La incidència de nematodes entomopatògens als sòls dels camps d'avellaners mostrejats en el present estudi ha estat d'un 2%. Aquest resultat indica que la presència de nematodes entomopatògens en els camps d'avellaners és baixa ja que en general, la presència d'aquest organismes als sòls a nivell mundial, oscil·la entre el 2% i el 30% (Mason et al., 1996; Mdituri et al., 1997; Constant et al., 1998; Tangchitsomkid i Sontirat, 1998; Stock et al., 1999; Griffin et al., 2000; Rosa et al., 2000; Lezama-Gutierrez et al., 2001; Hazir et al., 2003; Canhilal et al., 2006). Resultats comparables als trobats en aquest estudi han estat indicats per Morton i García-del-Pino (2008) a camps d'arbres fruiters de Catalunya, on la presència va ser d'un 5,2% dels camps mostrejats. No obstant, altres estudis realitzats en camps de diversos tipus de cultius de Catalunya, entre els quals figuren horts, camps de vinya i cereals i prats van assolir percentatges del 23,3% (García-del-Pino i Palomo, 1996). Altres autors que han elaborat estudis similars a altres comunitats autònomes indiquen percentatges del 5,4% a la Rioja (Campos-Herrera et al., 2007), i el 20% a Murcia (Morton i García-del-Pino, 2008). Una de les possibles causes de la baixa presència trobada de nematodes entomopatògens als sistemes de Producció Integrada i sobretot convencional d'avellaners, podria ser la utilització indiscriminada de grans quantitats de herbicides que exigeix aquest cultiu. No obstant, estudis realitzats recentment per Sánchez-Torres i García-del-Pino, (2008) indiquen que els productes herbicides tenen un limitat efecte sobre la supervivència i infectivitat dels nematodes entomopatògens. Aquests autors han indicat com els herbicides més utilitzats en el cultiu de l'avellaner (MCPA, glifosat i Simacina) no afecten a la supervivència de *Steinernema feltiae* i tenen un mínim efecte sobre *Heterorhabditis bacteriophora*. Per tant, la baixa presència d'aquests nematodes en els sòls d'avellaners no es deguda a l'efecte letal directe de l'exposició als herbicides sinó possiblement és conseqüència dels efectes secundaris dels herbicides aplicats al camp. Aquests productes generen un sòl sense coberta vegetal, i per tant amb una major radiació solar i dessecació, condicions aquestes

desfavorables per la presència i supervivència dels nematodes entomopatògens (Shang-Ping i Gaugler, 1990)

El gènere *Steinernema* sp. és el que ha tingut major presència als sòls mostrejats, concretament al 83% dels nematodes aïllats tant en hàbitats cultivats com silvestres i abandonats, percentatge semblant al trobat per Morton i García-del-Pino (2008) a camps d'arbres fruiters de Catalunya on representaven un 82,3% respecte un 17,7% de *Heterorhabditis bacteriophora*. Garcia del Pino i Palomo (1996) també van trobar que els steinernemàtids representaven el 94% dels nematodes entomopatògens que van trobar en un mostreig per tota Catalunya. Aquesta menor presència de nematodes de la família Heterorhabditidae confirma les observacions de Downes i Griffin (1991) a Irlanda i de Hara et al. (1991) a Hawaii, on els heterorhabditids van ser trobats majoritàriament a sòls a prop del mar. Aquest aspecte podria estar relacionat a les característiques del sòl i les condicions climàtiques de les àrees costaneres.

## **7.2 DIVERSITAT I CARACTERÍSTIQUES DELS FONGS ENTOMOPATÒGENS AÏLLATS**

Els fongs entomopatògens han resultat ser presents al 46,4% de les 310 mostres de analitzades. Aquests resultats són inferiors als trobats per Quesada-Moraga et al. (2007) a nivell peninsular amb un 71,7% de les 244 mostres que van analitzar. Altres treballs realitzats a regions del món destaquen percentatges semblants als nostres, per exemple Finlàndia (Vänninen et al., 1989) amb un 44,6%, mentre que en altres casos els valors són superiors com Canadà amb un 91% (Bidochka et al., 1998) i Suïssa amb un 96% (Keller et al., 2003), tot i que aquests treballs utilitzen metodologies de mostreig i aïllament diferents a les utilitzades en el present estudi.

Del conjunt de les mostres que hem analitzat, 68 localitats contenen *B. bassiana*, 49 de *M. anisopliae* i 18 totes dues espècies. *Beauveria bassiana* resultà ser l'espècie més freqüent, seguida per *M. anisopliae* en menors proporcions i per la coexistència de totes dues espècies fúngiques. Resultats similars han estat observats a Espanya per Quesada-Moraga et al. (2007) i al Sud d'Itàlia per Tarrasco et al. (1997). Per altra banda, alguns estudis sobre la distribució de fongs entomopatògens a zones de diferent localització geogràfica com Finlàndia o Canadà destaquen una major presència de *M. anisopliae* davant altres espècies (Bidochka et al., 1998; Keller et al., 2003). No obstant, la presència d'aquestes dues espècies de fongs entomopatògens a moltes regions del planeta; Sud Amèrica (Tigano-Milani et al., 1995; Àsia i Àfrica (Humber, 1992), Canadà (Widden i Parkinson, 1979) i Rússia (Arkhipova, 1965),

confirma la seva distribució cosmopolita (Roberts i St. Leger, 2004; Rehner, 2005; Nicolai i Eilenberg, 2007).

Al present estudi no s'han observat efectes significatius de la presència de fongs entomopatògens a nivell d'espècies segon els diferents tipus d'hàbitat mostrejats. S'observa però una tendència de trobar una major presència de *Beauveria bassiana*, comparada amb *M. anisopliae*, en els hàbitats naturals (avellaners de vegetació autòctona i alzinars) que en els hàbitats cultivats. Aquests resultats difereixen dels de Quesada-Moraga *et al.*, (2007) qui va determinar que *B. bassiana* era igual de comuna en hàbitats cultivats com naturals. La presència de *M. anisopliae* no sembla estar influenciada pel tipus d'hàbitat tot i que presenta valors elevats als hàbitats cultivats, com també ha estat senyalat per altres autors (Vänninen, 1996; Mietkiewski *et al.*, 1991). La presència més elevada de *B. bassiana* en sistemes de producció ecològica, a diferència de sistemes de Producció Integrada i convencional, es pot atribuir a la falta d'hostes susceptibles en els sòls de cultiu intensiu. Aquesta hipòtesi queda validada per Klingen *et al.* (2002) que va demostrar una major presència de fongs entomopatògens a sòls de producció ecològica que a camps de cultiu intensius on els *inputs* antròpics, com els insecticides, poden reduir hostes potencials per aquests organismes. A més, tècniques de llaurada més superficials o no llaurar, són tècniques que afavoreixen la presència de fongs entomopatògens (Hummel *et al.*, 2002).

La variable pH de les mostres analitzades presenta un ampli ventall de valors que varien des de fortament àcids a moderadament alcalins. De manera estadísticament significativa, *M. anisopliae* té major presència respecte *B. bassiana* a sòls fortament àcids ( $4,2 < \text{pH} < 5,59$ ), mentre que aquesta última espècie presenta una clara tendència a pHs de caràcter més bàsic, concretament a pHs moderadament alcalins ( $7,40 < \text{pH} < 8,39$ ), resultats també observats per Quesada-Moraga *et al.*, (2007). Els pHs fortament alcalins (pH més elevat de 8,39) no afavoreixen la presència de cap espècie fúngica d'acord amb la premissa que en general els fongs són més tolerants a sòls àcids que a sòls alcalins (Foth, 1984).

L'altitud, tot i no ser una variable que evidenciï la presència de cadascun dels tipus de fongs entomopatògens (no hi ha diferències estadísticament significatives) cal destacar que la major presència de les dues espècies correspon al interval d'altitud de 150-400 m, precisament el que presenta un percentatge major del nombre de localitats mostrejades. Per altra banda observem que *M. anisopliae* té tendència a zones altitudinals, que concretament es centren al voltant de les Muntanyes de Prades (Conca de Barberà) on hi ha predominança de parcel·les abandonades d'avellaner i

finques de Producció Integrada d'avellana i per altra banda a zones d'Osona i Girona on s'han extret la major part de mostres d'avellanoses silvestres.

Segons els nostres coneixements, fins al moment cap treball ha relacionat la presència de fongs entomopatògens i les dades climàtiques relatives a les temperatures mitjanes anuals i al dèficit hídric de les localitats mostrejades. Tot i que les dades a les que fem referència tan sols són una representació de les diferents estacions meteorològiques que hi ha distribuïdes a Catalunya, hem pogut determinar certes tendències i extreure dades estadísticament significatives en relació a la distribució dels tipus de fongs en els diferents rangs de temperatures mitjanes anuals i als valors relatius al dèficit hídric.

En el cas de les temperatures anuals, trobem una tendència inversa entre les dues espècies de fongs i la seva distribució en els diferents rangs de temperatura analitzats. Així doncs trobem que *B. bassiana* presenta majors percentatges a mesura que el gradient tèrmic mitjà augmenta, mentre *M. anisopliae* experimenta la mateixa situació a mesura que descendim pel rang de temperatures. Per altra banda, la variable corresponent al dèficit hídric sembla tenir un paper important en la distribució dels diversos tipus d'espècies fúngiques, destacant que hi ha altres variables com ara sistemes de reg de suport que podrien desviar els resultats vers la presència d'un o altre organisme entomopatogen. Segons les dades extretes es veu una major presència de *M. anisopliae* a mesura que el dèficit hídric va disminuint, sent una espècie amb requeriments hídric més elevats que *B. bassiana* la qual en aquest aspecte sembla ser més resistent. La major part de les localitats on hi ha presència de *M. anisopliae* tenen aproximadament un nexa comú, són localitats que es troben a muntanya mitjana i que presenten les necessitats hídriques cobertes (a nivell de precipitacions) on les temperatures mitjanes són inferiors a la mitjana (entre els 10 i 13°C de temperatura mitjana anual). Aquestes localitats en relació al conjunt mostrat són les situades a les latituds més elevades, talment com les mostres extretes a la província de Girona, nord de la província de Barcelona i les zones de més altitud de la Serra de Prades (municipi de Prades).

### 7.3 PERSPECTIVES CIENTÍFIQUES I SOCIALS DEL CONTROL BIOLÒGIC

Al llarg del procés de mostreig del present estudi, període en el qual es va establir contacte amb agricultors i sectors fonamentats en l'agricultura, es van poder detectar les diferents problemàtiques de la producció d'avellana. Tot i trobar-se recolzat per l'economia nacional i europea amb la finalitat d'impulsar-la davant el mercat exterior i evitar així la disminució d'hectàrees conreades observada en els últims anys, un dels

principals factors que s'ha vist com a principal obstacle pel desenvolupament d'aquest cultiu a nivell mundial és el relatiu al control de plagues. És per això que la recerca de tècniques de control biològic és de especial importància, amb l'objectiu de poder complementar els programes de control de plagues d'insectes, ampliant principalment els que tenen en compte una vessant agroecològica més important com són la Producció Integrada i la Producció Ecològica i poder, així, substituir molts dels productes fitosanitaris àmpliament utilitzats fins fa pocs anys i que, des de fa uns anys, estan quedant fora de mercat.

Com s'ha vist anteriorment, la presència de *Curculio nucum* o “diabló de l'avellaner” és el causant de les majors pèrdues de la producció d'avellanes a Catalunya i gran part dels agricultors que fins l'any 2007 controlaven les poblacions del insecte mitjançant l'ús d'insecticides han vist reduït en un any dos dels principals formulats químics més utilitzats contra aquest insecte: el Carbaril i l'Endosulfan, motiu que ha mobilitzat a força col·lectius per tal de donar suport a la recerca de formes alternatives de control d'aquesta plaga.

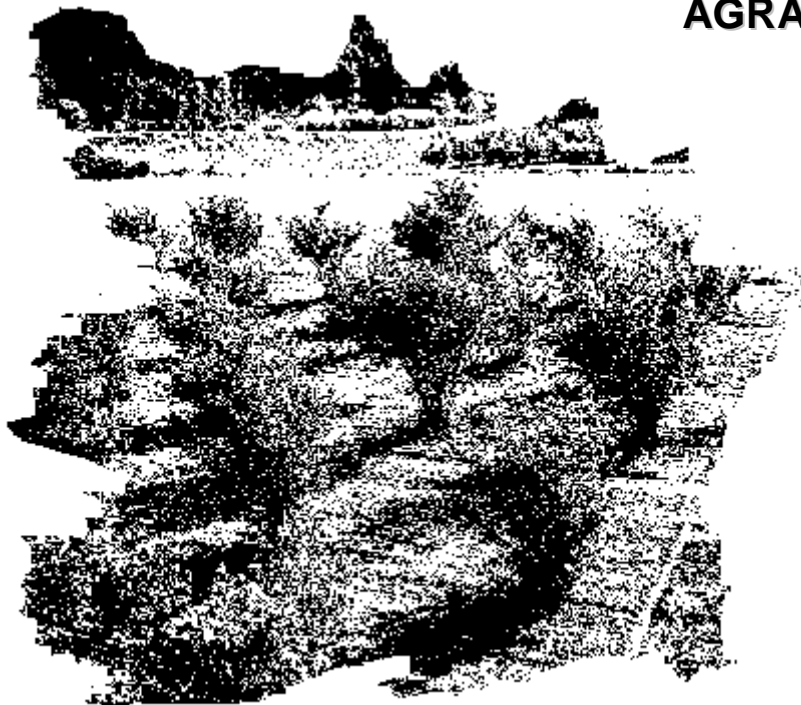
Pel control biològic contra *Curculio nucum*, tal com s'ha esmentat anteriorment, s'ha optat per organismes entomopatògens (nematodes i fongs), ja que habiten al sòl conjuntament amb les larves de la plaga clau (la fase més vulnerable del insecte). Tal com s'ha esmentat anteriorment, gran part del cicle biològic de *C. nucum* es troba al sòl. Quan la larva completa el seu desenvolupament es produeix la seva sortida de l'avellana i la ràpida penetració al sòl on poden romandre enterrades llargs períodes de temps (de pocs mesos fins a 2 anys). La fase de pupació fins a convertir-se en adult també es du a terme en els sòls d'avellaners fins que aquests darrers emergeixen. És per això que l'ús dels organismes entomopatògens com els fongs o els nematodes són una alternativa als productes químics, els quals no són efectius ja que tan sols poden combatre el insecte quan es troba a l'exterior i no en l'ambient críptic on es troben les formes més vulnerables. Per altra banda, l'ús d'altres agents de control biològic com bacteris o virus tampoc són eficaços per controlar els estadis anteriorment esmentats ja que aquests actuen per ingestió i els estadis de *C. nucum* al sòl no s'alimenten. Tot això fa que tant els fongs, que actuen per contacte, i molt especialment els nematodes, que tenen la particularitat de buscar activament al seu hoste, accedint allà on es troben les larves i les pupes enterrades al sòl, siguin els agents de control biològic de plagues més prometedors contra el diabló de l'avellaner *Curculio nucum*.

Fins el moment, la principal espècie de la que es tingui constància de l'efecte sobre *C. nucum* és el fong entomopàtogen *Beauveria bassiana* (Shapiro-Ilan et al., 2008) tot i que Nicolai i Eilenberg (2007) van experimentar amb soques de *M. anisopliae* i *B.*

*bassiana* trobant en el darrer fong, una capacitat infectiva major degut a l'expansió radial de les seves hifes a diferència de *M. anisopliae* on l'esperulació queda restringida a la superfície del cadàver (Gottwald i Tedders, 1984). No obstant, tal com s'ha comentat anteriorment, cal tenir en compte els nematodes entomopatògens en pròximes investigacions degut a les múltiples avantatges que presenten, com per exemple la possibilitat de fer una recerca activa dels insectes que parasiten, característica que el diferencia dels fongs entomopatògens i altres agents de control de plagues (bacteris i virus) .



## **BIBLIOGRAFIA I AGRAÏMENTS**



## **BIBLIOGRAFIA CITADA**

**Aliniaze, M.T.** (1980) Filbert Insect and Mite Pests. *Agricultural Experiment Station Oregon State University, Corvallis. Station Bulletin* **643**.

**Aliniaze, M.T.** (1983) Pest of hazelnuts in North America: A review of their bionomics and ecology. *Convegno Internazionale sul Nocciuolo. Avellino*.

**Bidochka, M.J., Kasperski, J.E i Wils, GAM.** (1998) Occurrence of the entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* in soils from temperate and near- northern habitats. *Canadian Journal of Botany* **76**, 1198-1204.

**Boemare, N.** (2002) Biology, taxonomy and systematics of *Photorhabdus* and *Xenorhabdus*. *Entomopathogenic nematology*, 35-56.

**Campos-Herrera, R., Gómez-Ros, J.M., Escuer, C. ,M., Barrios, L. i Gutiérrez, C.** (2008) Diversity, occurrence, and life characteristics of natural entomopathogenic nematode populations from La Rioja (Northern Spain) under different agricultural management and their relationships with soil factors. *Soil biology and Biochemistry*.

**Canhilal, R., Reid, W., Kutuk, H. i El-Bouhssini, M.** (2006) Natural occurrence of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) in Syrian soils. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* **2**, 493-497.

**Carrero, J.M.** (1996) Lucha Integrada contra las plagas agrícolas y forestales. Ed. **Mundi-prensa, 256p.**

**Constant, P., Marchay, L., Fischer-Le Saux, M., Briand-Panoma, S. i Mauleon, H.** (1998). Natural occurrence of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) in Guadeloupe islands. *Fundamental and Applied Nematology* **21**, 667–672.

**Dowds, B. C. A. i Peters, A.** (2002) Virulence mechanisms. *Entomopathogenic nematology*, 79-98.

**Edding, R.A., i Akhurst, R.J.** (1975). A simple technique for the detection of insect parasitic rhabditids nematodes in soil. *Nematologica* **21**, 109-110.

**Foth, H.D.** (1984) Fundamentals of Soil Science.

**Fundación Alfonso Martín Escudero** (2004) Agricultura ecológica y alimentación. Análisis y funcionamiento de la cadena comercial de productos ecológicos. 367p.

**Gottwald, T.R., Teders, W.L.,** (1984) Colonization, transmission, and longevity of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. *Environ. Entomol.*, **13** 557-560.

**Grewal, P.S., Ehlers, R.U i Shapiro-Ilan, D.I** (2005) Nursery and tree application. *Nematodes as biocontrol agents*, 167-190.

**Griffin C.T., Chaerani, R., Fallon, D., Reid, A.P. i Downes, M. J.** (2000). Occurrence and distribution of the entomopathogenic nematodes *Steinernema* spp., and *Heterorhabditis indica* in Indonesia. *Journal of Helminthology* **74**, 143–150.

**Hazir, S., Keskin, N., Stock, P., Kaya, H.K. i Özcan, S.** (2003). Diversity and distribution of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) in Turkey. *Biodiversity and Conservation* **12**, 375-386.

**Humber, R.A** (1992). Collection of entomopathogenic fungal cultures: catalog of strains. ARS-110. U.S. Department of Agriculture.

**Kaya, H. K. i Gaugler, R.** (1993) entomopathogenic nematodes. *Annual review of Entomology* **38**, 181-206.

**Keller, S., Kessler, P. i Schweizer C.** (2003) Distribution of insect pathogenic soil fungi in Switzerland with special reference to *Beauveria brogniartii* and *Metarhizium anisopliae*. *Biocontrol* **48**, 307-319.

**Klein, M. G.** (1990) Efficacy against soil- inhabiting insect pests. *Entomopathogenic nematodes in biological control*, 195-214.

**Koppenhöfer, A. M. , Wilson, M. , Brown, I. , Kaya, H. K. i Gaugler, R.** (2000) Biological control agents for white grubs (Coleoptera: Scarabaeidae) in anticipation of the establishment of the Japanese beetle in California. *Journal of Economic Entomology* **93**, 71-80.

**Lezama-Gutierrez R., Hamm, J. J., Molina-Ochoa, J., Lopez-Edwards, M., Pescador-Rubio, A., Gonzalez-Ramirez, M. i Styer, E.** (2001). Occurrence of entomopathogens of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Mexican states of Michoacán, Colima, Jalisco and Tamaulipas. *Florida Entomologist* **84**, 23–30.

**Manweiler, S.A.** (1994) Development of the first cat flea biological control product employing the entomopathogenic nematode *Steinernema carpocapsae*. *Proceedings-Brighton Crop Protection Conference, Pests and Diseases*, 1079-1084.

**Martin, H.** (1949) Contribution a l'etude du Balanin des noisettes (*Balaninus nucum* L.). *Revue de Pathologia vegetale et d'Entomologie agricole de France*. Tomo XXVIII.1.

**Mason, J.M., Razak, A.R. i Wright, D.J.** (1996). The recovery of entomopathogenic nematodes from selected areas within Peninsular Malaysia. *Journal of Helminthology* **70**, 303-307.

**Meyling, N.V i Eilenberg J.** (2007) Ecology of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in temperate agroecosystems: Potential for conservation biological control. *Biological control* **43**, 145-155.

**Midituri, J.S., Waeyenberge, L. i Moens, M.** (1997). Natural distribution of entomopathogenic nematodes (Heterorhabditidae and Steinernematidae) in Belgian soils. *Russian Journal of Nematology* **5**, 55-65.

**Moreno-Dahme, R.** (1993). Criterios para la interpretación de resultados de análisis de suelos. Documento de circulación interna. INIFAP. México, D.F. 25 p.

**Morton, A. I García-del-Pino** (2008) Natural occurrence of entomopathogenic nematodes in stone fruit orchard soils of Mediterranean areas in Spain and their

virulence to the flatheaded rootborer, *Capnodis tenebrionis* (L.) (Coleoptera: Buprestidae).

**Poinar, JR. G.O** (1976) Description and biology of a new insect parasitic Rhabditoid, *Heterorhabditis bacteriophora* N. Gen., N. Sp. (Rhabditida; Heterorhabditidae N. Fam.). *Nematologica* **21**, 463-470.

**Poinar, JR. G.O** (1990) Taxonomy and biology of Steinernematidae and heterorhabditidae. *Entomopathogenic nematodes in biological control*, 23-61.

**Ramón, R.C** (2004) Introducción a la Protección Integrada. Ed.Phytoma, 356p.

**Rosa J. S., Bonifaassi, E., Aamarl, J., Lacey, L. A., Simoes, N. i Laumond, C.** (2000). Natural occurrence of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: *Steinernema*, *Heterorhabditis*) in the Azores. *Journal of Nematology* **32**, 215–222.

**Sanchez-Torres, H. i García-del-Pino, F.** (2008) Compatibilitat dels nematodes entomopatògens *Steinernema* sp. i *Heterorhabditis* sp. amb quatre herbicides aplicats en camps d'avellaners. (No publicat. Pràctiques en empresa al BABVE, UAB).

**Shang-Ping Kung, Randy Gaugler i Harry K. Kaya** (1990) Soil type and entomopathogenic nematode persistence. *Journal of Invertebrate Pathology* **55**, 401-406.

**Shapiro-Ilan, D.I i Lewis, E. E.** (2002) Host cadavers protect entomopathogenic nematodes during freezing. *Journal of Invertebrate Pathology* **81**, 25-32.

**Shapiro- Ilan, D., Gardner, W.A., Cottrell T.E., Behle, R.B i Wood B.W.** (2008) Comparison of Application Methods for Suppressing the Pecan Weevil (Coleoptera: Curculionidae) with *Beauveria bassiana* Under Fields Conditions. *Environ. Entomol.* **37** (1), 162-171.

**Smith, D. i Onions, A.H.S.** (2006) The preservation and maintenance of living fungi, 2<sup>a</sup> ed, IMI. CAB International, 122p.

**Stock, S.P., Pryor, B.M. i Kaya, H.K.** (1999). Distribution of entomopathogenic nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) in natural habitats in California, USA. *Biodiversity and Conservation* **8**, 535-549.

**Tangchitsomkid, N. i Sontirat, S.** (1998). Occurrence of entomopathogenic nematodes in Thailand. *Kasetsart Journal Natural Sciences*. **32**, 347–354.

**Vänninen, I.** (1996) Distribution and occurrence of four entomopathogenic fungi in Finland: effect of geographical location, habitat type and soil type. *Mycological Research* **100**, 93-101.

**Wright, M. G., Kuhar, T. P., Diez, J.M i Hoffmann, M. P.** (2005) Effective augmentative biological control – importance of natural enemy dispersal, host location, and post – release assessment. *Second International Symposium on Biological Control of Arthropods, Davos, Switzerland, 12-16 September*, 495-500.

**Zimmerman, G.** (1986) The “Galleria bait method” for detection of entomopathogenic fungi in soils. *J. Appl. Entomol.* **102**, 213-215.

**Zimmerman, G.** (1993). The entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* and its potential as a biocontrol agent. *Pest. Sci.* **37**, 375-379.

Departament d'Agricultura, Alimentació i Acció Rural, DAR (2008, agost).

Disponible a: <http://www20.gencat.cat/portal/site/DAR>

Bases disponibles en format miramon, Gencat (2008, agost).

Disponible a :

[http://mediambient.gencat.net/cat/el\\_departament/cartografia/fitxes/](http://mediambient.gencat.net/cat/el_departament/cartografia/fitxes/)

## **AGRAÏMENTS**

A Fernando García del Pino i a en Sergi Santamaria per la seva tasca orientativa i els seus consells com a tutors del projecte, així com a tots els membres de la Unitat de Zoologia, especialment a l'Ana Morton i l'Anna Soler que m'han animat a totes les fases del projecte .

A les diferents ADVs que ens han facilitat dades i acompanyat en les diverses fases de mostreig , així com el Departament de Sanitat Vegetal, especialment a Anna Aymamí, Gonçal Barrios, Cristina Colobrans, Raúl Ibáñez, Joan Masmiquel, Jordi Mateu, Roger Palau i Carme Vidal.

A cadascuna de les persones, especialment agricultors que he anat coneixent a les diferents fases del projecte i que m'han aportat diverses visions de la realitat al camp.

I en especial, a tota la meva família i amics pel suport rebut, temps i paciència dedicades.